

ANNO VIII

SETTEMBRE 1952

RIVISTA MILITARE

FASCICOLO TECNICO
FANTERIA

ROMA
VIA DI S. MARCO, 8

Proprietà letteraria e artistica riservata

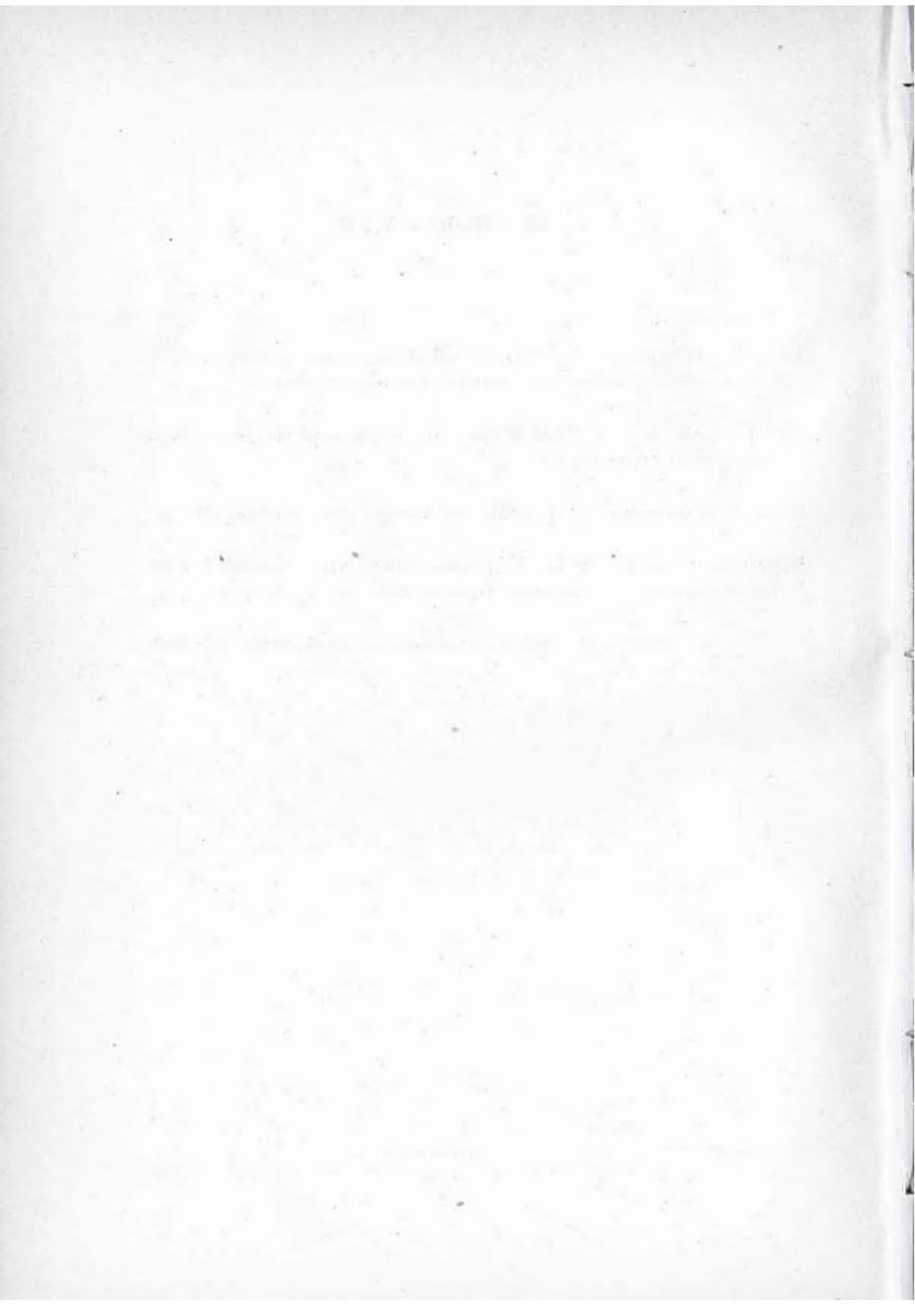
Direttore responsabile: Colonnello SIRO BERNABÒ

Arti Grafiche « S. Barbara » di UGO PINNARÒ - Via Pompeo Magno, 29 - Roma

S o m m a r i o

Pagina

Ten. col. di fant. ALESSANDRO GRAZIANI: Su alcune armi in dotazione o di imminente distribuzione alla fanteria	5
Col. d'art. (S. Te.A.) LUIGI PETRONE: Complementi di meccanica delle armi automatiche	25
MILES: Deformazioni delle canne nel moschetto automatico col. 9 .	39
Magg. del genio MICHELE TUMBARELLO: Sagome bersaglio radiocomandate per addestramento al tiro controcarri	58
COMPTOR: Misure dei tempi brevissimi col cronografo Le Boulanger	72



Su alcune armi in dotazione o di imminente distribuzione alla fanteria

Ten. col. di fant. ALESSANDRO GRAZIANI

PREMESSA.

La distribuzione (avvenuta o prevista) di nuove armi ai reparti di fanteria ci suggerisce l'opportunità di esaminare da un punto di vista essenzialmente concettuale:

— le caratteristiche tecniche di ordine generale cui esse possono essere assimilate e, ove possibile, di ordine comparativo con armi similari già esistenti nel nostro Esercito o di auspicabile adozione;

— i riflessi d'impiego esercitati dalle caratteristiche tecniche.

In attesa che siano emanate le singole istruzioni tecniche (alcune già diramate o in corso di stampa), un esame panoramico delle armi che ci interessano potrà essere utile e potrà predisporre a giuste valutazioni delle loro effettive possibilità d'impiego.

Per quanto simile assunto possa sembrare non perfettamente rispondente alla intestazione di questo numero tecnico della « Rivista Militare » è nostro parere che una rigida scissione dell'aspetto tecnico da quello d'impiego sia altrettanto innaturale quanto la pretesa di chi voglia considerare partitamente l'uomo nelle sue sfere di attività materiale e spirituale.

Come in quello le due attività sono intimamente connesse e interdipendenti, così, su un piano sia pure assai meno elevato, è per l'esame che ci accingiamo a svolgere.

Fucile semiautomatico « Garand ».

La constatata necessità di realizzare, ai fini tattici, un maggior volume di fuoco con le armi in dotazione individuale, ha portato da tempo varie Nazioni a realizzare ed adottare un fucile semiautomatico avente, fra l'altro, il requisito dell'unicità di munizionamento con il fucile a ripetizione ordinaria, presso ciascuna in uso.

Dall'ormai lontano 1911 in cui fu adottata nel Messico un'arma del genere, lo sviluppo è stato notevole sotto il punto di vista della realizzazione

meccanica e balistica ed in alcuni eserciti, come quello americano, anche sotto quello dell'aspetto percentuale nella distribuzione ai reparti.

Il motivo di tale favore è conseguente non solo alla perfetta aderenza dell'arma al concetto per cui il mezzo è nato, ma alla constatazione sperimentale che il fuoco del fucile semiautomatico è più preciso di quello del fucile a ripetizione ordinaria, nel tiro prolungato, perchè stanca di meno il tiratore.

Esperienze condotte in proposito, a stretto confronto, tra lo Springfield (a ripetizione ordinaria) ed il Garand (semiautomatico), hanno infatti consentito di constatare che:

— lo Springfield consente un tiro efficace a 300 m. con una celerità di 10 colpi al 1' per la durata di 4' con tiratori addestrati e di 3' con tiratori di media capacità, dopodichè il tiratore non riuscendo più ad effettuare il tiro preciso (perchè l'occhio è stanco, la spalla ed il braccio destro risultano affaticati) ha bisogno di riposare da 6' a 10' prima di poter riacquistare la primitiva efficienza;

— col Garand gli stessi tiratori riescono ad effettuare la medesima azione di fuoco con una maggiore celerità (16 colpi al 1') dopodichè accusano solo una leggera stanchezza alla vista ed abbisognano di appena 2' di riposo per ritornare nelle condizioni fisiche preesistenti.

Il raggiungimento dello scopo per cui l'arma è nata e la constatazione del miglior rendimento nell'impiego tecnico avrebbero dovuto portare alla integrale sostituzione del fucile a ripetizione ordinaria con quello semiautomatico se non si fossero frapposte considerazioni negative, di ordine essenzialmente logistico, e cioè:

— il maggior peso effettivo del semiautomatico, conseguente al mantenimento della stessa cartuccia in uso per il fucile a ripetizione ordinaria (il che ha imposto l'adozione di congegni robusti per resistere alla potenza della cartuccia, esuberante rispetto alle distanze d'impiego);

— il paventato aumento del peso delle munizioni in relazione all'aumentata celerità di tiro realizzata.

Circa il primo motivo è da osservare che, realizzandosi aumenti di peso che non arrivano ad 1 kg. (per il Garand si ha un aumento di gr. 780 rispetto allo Springfield) e tenuto conto che gli spostamenti tattici sono affidati, assai meno che per il passato, alle gambe del fante, non è da ritenere determinante in senso negativo.

Il secondo motivo ha solo in parte ragione di esistere poichè, indipendentemente dallo sviluppo e dal perfezionamento della logistica dei trasporti, il maggior consumo di munizioni, derivante dall'aumentata celerità di tiro, è contenibile in limiti modesti purchè si ottenga, attraverso una saggia disciplina di fuoco, che si spari solo a ragion veduta e per il tempo strettamente necessario. D'altro canto è da osservare che il poter disporre di una

maggiore celerità di tiro al momento opportuno, specie contro bersagli animati e mobili che si offrono alla mira per pochi istanti ed in tempi successivi (durante lo sbalzo: l'attaccante, durante l'azione di puntamento: il difensore) rappresenta un vantaggio compensante ad usura l'aumento delle difficoltà logistiche.

Altro vantaggio derivante dall'impiego del semiautomatico, e che è un corollario dei precedenti assunti, è quello di poter tenere sotto mira un obiettivo in movimento senza dover ricorrere alla successiva sua ricerca quando si sia fallito il colpo (le operazioni di estrazione, espulsione del bossolo, introduzione in camera della nuova cartuccia e di armamento, sono automatiche).

Questa caratteristica consente l'impiego redditizio dell'arma nel cosiddetto « cecchinaggio » su punti di obbligato passaggio a distanze anche eccedenti quelle di normale impiego, con l'ausilio di un alzo a cannocchiale, applicato all'arma.

In sostanza, da un punto di vista strettamente balistico, l'avvento del fucile semiautomatico non rappresenta un progresso rispetto al fucile a ripetizione ordinaria in quanto la sua organizzazione meccanica, ferma restando la cartuccia impiegata da quello a ripetizione ordinaria, non ne ha migliorato il rendimento in tal campo.

Dal punto di vista logistico gli inconvenienti che ne derivano sono vantaggiosamente compensati da:

- una maggiore celerità di tiro;
- un più soddisfacente impiego tecnico;
- un notevole maggiore rendimento ai fini dell'impiego.

L'esame delle suddette considerazioni, negli eserciti di nazioni più evolute industrialmente ha portato, attraverso una larga distribuzione di fucili semiautomatici, ad un potenziamento dei reparti il cui armamento in fucili a ripetizione ordinaria va rapidamente diminuendo ed in alcuni è ridotto, per i reparti di linea, al minimo indispensabile all'impiego di tromboncini applicati per il lancio delle bombe da fucile (1).

La realizzazione meccanica del semiautomatico ha avuto varie soluzioni presso i singoli eserciti. Lo stesso Garand realizzò il primo modello ricorrendo all'utilizzazione di gas alla bocca (con la variante della coppa fissa anzichè mobile) per arrivare poi all'attuale realizzazione che utilizza il sistema di sottrazione dei gas in un punto della canna.

I dati tecnici essenziali del Garand sono i seguenti:

Calibro: mm. 7,62

Peso: kg. 4,680

(1) Impiego possibile anche con il fucile semiautomatico.

Lunghezza : cm. 110

Proiettile : { gr. 10,8 perforante
 { gr. 9,8 ordinario

Funzionamento : a presa di gas con ripetizione semiautomatica

Chiusura : bloccaggio anteriore ad alette ; otturatore scorrevole e girevole

Percussione : a cane rotante

Alimentazione : a serbatoio centrale fisso ; caricatore a pacchetto, capace di
8 cartucce affiancate

Congegno di puntamento : alzo a quadrante ; tacca di mira circolare

Celerità di tiro pratica : 16 colpi al 1'

Velocità iniziale : 833 m/s

Distanza pratica d'impiego : 300 m. (con l'ausilio dell'alzo a cannocchiale si può arrivare a 500 ÷ 600 m. ; impiegando un cannocchiale a raggi infrarossi per il tiro notturno o con nebbia, si può giungere sugli 80 m.)

Rispetto allo Springfield si ha, oltre alla differenziazione implicita nella diversa organizzazione meccanica :

- un aumento di peso pari a gr. 780 ;
- nessun aumento nelle dimensioni di ingombro ;
- un aumento nella celerità di tiro pari a circa il 50 % ;
- una lieve diminuzione della velocità iniziale (appena 17 m/s) ;
- caricatore di 8 colpi anzichè di 5 ;
- la stessa distanza massima d'impiego pratico.

Carabina Winchester.

Le esigenze d'impiego, mettendo in evidenza la necessità di poter disporre di un'arma individuale leggera, maneggevole, dotata di alta celerità di tiro, capace di effettuare fuoco efficace alle brevi distanze, hanno dato l'avvio presso tutti gli eserciti alla realizzazione di numerosi tipi di moschetti automatici, pistole mitragliatrici e carabine di calibro diverso da quello del restante armamento individuale.

Si è cioè subordinata la necessità d'impiego a quella d'ordine logistico (unicità di munizionamento) in quanto i requisiti richiesti non potevano essere tecnicamente soddisfatti mantenendo fermo il calibro del fucile a ripetizione ordinaria (esigenza questa che per il suo soddisfacimento nei riguardi del semiautomatico ha richiesto, come abbiamo visto precedentemente, un appesantimento di detto tipo d'arma).

In genere la soluzione tecnica si è polarizzata sulla adozione del calibro 9 lungo (munizionamento per pistola opportunamente rinforzato) realizzando armi di limitato ingombro e di piccolo peso (Sten, Beretta) e di conseguenza scarsamente potenti e non efficacemente impiegabili oltre i 100 m. circa.

Una migliore soluzione è stata data dai tedeschi con la MP44 cal. 7,92 (1) e dagli Americani con le carabine Winchester M1 (a ripetizione semiautomatica) ed M2 (a ripetizione semiautomatica ed automatica), in quanto hanno impostata la soluzione del problema orientandosi verso una cartuccia di media potenza. Un siffatto orientamento, pur consentendo di mantenere in limiti ristretti i dati di ingombro e di peso delle armi, permette infatti un efficace impiego sino ai 200 m. nel tiro semiautomatico (per l'aumentato valore di precisione dell'arma) ed un altrettanto efficace rendimento nel tiro automatico per la esecuzione del « fuoco d'assalto » e di tutte quelle azioni di fuoco a breve distanza pronte ed immediate richiedenti alte celerità di tiro.

Questa maggiore ampiezza del braccio efficace nel tiro semiautomatico, realizzabile con le armi impieganti la cartuccia di media potenza, rispetto a quelle utilizzando la cartuccia cal. 9 lungo, ha consentito nell'esercito americano una dilatazione della distribuzione della carabina Winchester rispetto al ristretto concetto iniziale che ne aveva originata la progettazione.

Ove si esaminino i sottoindicati dati tecnici a confronto tra la Winchester M2 ed il moschetto automatico Beretta, si osserva che la carabina:

- è più leggera e meno ingombrante;
- impiega un proiettile di peso praticamente uguale;
- ha velocità iniziale superiore di un valore pari a circa il 50 % (conseguente maggiore tensione di traiettoria, maggiore errore battuto, maggiore capacità di penetrazione, a parità di ogni altra condizione);
- nel tiro automatico ha un'efficacia pressochè uguale, mentre in quello semiautomatico la sua efficacia è raddoppiata.

	<i>Carabina Winchester M2</i>	<i>Moschetto automatico Beretta</i>
Calibro :	mm. 7,62	mm. 8,8
Peso :	kg. 2,700	kg. 3,260
Lunghezza :	cm. 90	cm. 80
Proiettile :	gr. 7,1	gr. 7,4
Funzionamento :	a presa di gas con ripetizione semiautomatica ed automatica	ad utilizzazione diretta della forza di rinculo; con ripetizione semiautomatica ed automatica
Chiusura :	bloccaggio ad alette; otturatore scorrevole e girevole	a massa non bloccata; otturatore scorrevole

(1) A sottrazione di gas — velocità iniziale: 685 m/s — peso sensibilmente superiore a quello delle armi similari.

Celerità di tiro pratica :	{	60 colpi al 1' nel tiro auto- matico	come contro
		30 colpi al 1' nel tiro semi- automatico	
Velocità iniziale :		610 m/s	418 m/s
Distanza pratica d'impiego nel tiro automa- tico :	{	50 ÷ 80 m. circa	
Distanza pratica d'impiego nel tiro semiauto- matico :	{	200 m.	100 m.

Le osservazioni di cui sopra sono suffragate da esperienze di tiro che hanno dimostrato come, nel tiro semiautomatico, i risultati ottenuti dagli stessi tiratori, a distanza intorno ai 200 m., siano stati sensibilmente superiori con la Winchester che non con il Beretta, sino a raggiungere un divario di colpi messi a segno sul bersaglio, oscillante tra il 50 % e il 60 % a favore della Winchester.

A queste migliori caratteristiche balistiche, conseguenti non ad una superiorità costruttiva ma all'impiego di una cartuccia di media potenza anziché da semplice pistola (sia pure rinforzata), la Winchester abbina ottime qualità intrinseche di ordine meccanico conseguenti all'impiego di scelte materie prime ed all'adozione del sistema di utilizzazione dei gas mediante sottrazione in un punto della canna (conseguente bloccaggio stabile anziché labile come quello del moschetto automatico Beretta, il cui bloccaggio è affidato unicamente alla massa dell'otturatore e non ad appositi, specifici organi).

A giusto complemento delle caratteristiche tecniche positive della carabina Winchester è però da mettere in rilievo che il raffreddamento della canna, adeguato alle necessità per quanto riguarda la M1, non lo è altrettanto nella M2. Ciò è da attribuire al fatto che la Winchester, nata inizialmente come arma a semplice ripetizione semiautomatica, è stata successivamente trasformata per la ripetizione automatica senza prendere in particolare considerazione l'adeguamento alle nuove caratteristiche del raffreddamento della sua canna. Una siffatta considerazione fa ritenere non sia conveniente sottoporre l'arma ad un regime prolungato di fuoco rapido onde evitare l'insorgere di quelle cause che, determinandone un eccessivo riscaldamento, possano dar luogo al verificarsi di ovvii inconvenienti.

Mitragliatrice Browning cal. 12,7.

Nell'esercito americano esiste una mitragliatrice leggera Browning calibro 7,62 con bipiede ed appoggio di spalla e dello stesso calibro con treppiede.

Mentre l'impiego della mitragliatrice Browning cal. 7,62 con treppiede è analogo a quello della nostra mitragliatrice Breda 37, l'impiego di quella cal. 12,7, che può avvalersi di diversi tipi di sostegni, è dei più svariati. Installata su carri armati può effettuare il tiro c.a. e quello terrestre; sistemata a bordo di autocarri serve alla difesa c.a. delle autocolonne; incavalcata su treppiede terrestre M3 esegue tiro terrestre e con l'impiego del complesso aggiuntivo M1 viene impiegata per la difesa c.a. di magazzini, parcheggi, ecc.

L'ampia gamma delle azioni di fuoco possibili con la 12,7 è in relazione alle ottime caratteristiche tecniche dell'arma, all'appropriata varietà degli affusti con essa impiegabili ed al munizionamento adottato che va dall'ordinario al perforante, dall'incendiario al tracciante ed a combinazioni di questi tipi tra loro.

L'arma, dal punto di vista meccanico, è organizzata in modo da utilizzare direttamente la forza di rinculo dei gas ed ha il complesso canna-culatta-otturatore rinculanti di quantità diverse.

La canna è intercambiabile, il bloccaggio è assoluto, l'alimentazione a nastro metallico con maglie scomponibili in cui l'elemento di giunzione è costituito dalla cartuccia (1).

La possibilità di avere la ripetizione semiautomatica e quella automatica, la celerità di tiro pratica (400 colpi al 1'), l'alta velocità iniziale (900 m. al 1"), il peso medio del proiettile (gr. 45), l'ottima precisione di tiro alle distanze d'impiego, la bontà del materiale e la rispondenza della organizzazione meccanica, ne fanno un'arma dotata di alto potere di arresto contro obiettivi animati, anche se leggermente protetti.

La distanza d'impiego efficace si aggira sui 1.000 m.. Con l'ausilio di apposito alzo a cannocchiale si può arrivare anche oltre. La gittata massima è di 6.600 m. circa.

Le caratteristiche tecniche sopra indicate non porgono del tutto in evidenza le effettive possibilità d'impiego nel tiro terrestre poichè non si è messo in rilievo che l'arma pesa col treppiede kg. 59,500 e che i suoi dati d'ingombro sono di cm. 115 x 166 (ove 115 rappresenta la larghezza del treppiede e 166 la lunghezza dell'arma). Questi sensibili valori di peso e di ingombro (che tali sono se considerati in relazione alla categoria cui l'arma

(1) Esiste a consumazione anche un nastro di tela.

appartiene) unitamente al sensibile peso delle munizioni, rappresentano una remora all'incondizionato impiego dell'arma secondo i criteri presso di noi sanciti per la Breda 37 (1).

Quando l'arma non sia impiegata per munire opere di difesa permanenti, semipermanenti o campali, il suo impiego nel tiro terrestre è perciò da ritenere opportuno in quelle fasi non caratterizzate dalla dinamica del movimento e come potenziamento di fuoco delle organizzazioni difensive.

Quando la mitragliatrice fosse impiegata nelle opere di difesa (permanenti o non) è da mettere in rilievo che è possibile abbinare le armi intervenendo in una di esse il senso dell'alimentazione ad evitare il verificarsi dei connessi inconvenienti d'indole meccanica.

Altra caratteristica da porre in evidenza è che l'arma può effettuare il tiro al disopra delle T.A. e attraverso gli intervalli, purchè si realizzino le condizioni previste per la esecuzione di tali tiri quando si siano effettuate le operazioni di controllo con le modalità e con i dati all'uopo previsti per la mitragliatrice Breda 37. Esperienze condotte in proposito hanno consentito anzi di rilevare che l'adozione dei predetti dati assicura un più ampio margine di sicurezza.

L'arma incavalcata sul treppiede terrestre munito del complesso aggiuntivo (peso totale kg. 82,500) può eseguire azioni di fuoco c.a. per ostacolare quelle particolari forme di offesa a volo radente che gli aerei nemici portano contro le truppe a terra.

Ai fini del puntamento nel tiro c.a. l'arma non dispone del reticolo mirino e della punta di mira così come li ha la nostra Breda 37 quando è impiegata allo stesso fine. Tale deficienza, che altri complessi come l'M9, l'M3 e soprattutto l'M63 non presentano, impone una esecuzione del puntamento a vista, secondo una valutazione del tutto soggettiva da parte del tiratore, della posizione del punto futuro nello spazio ed un aggiustamento del tiro in base all'osservazione della scia che le pallottole traccianti lasciano in traiettoria.

A parte le difficoltà relative ad un buon puntamento iniziale ed all'apporto di correzioni ben definite, è da mettere in rilievo che, mentre si effettua una lunga raffica e l'arma viene spostata molto rapidamente per precedere il movimento dell'aereo (2), la scia delle traccianti, per il verificarsi di una illusione ottica, appare incurvarsi bruscamente in direzione opposta a quella verso cui l'aereo sta viaggiando e pertanto è difficile valutarne l'effettivo andamento. A ciò si può ovviare, in parte, concentrando l'osservazione nel-

(1) Tale remora evidentemente non sussiste per le armi installate nei mezzi blindati.

(2) A parità di ogni condizione la velocità angolare degli aerei aumenta con il diminuire della quota di sorvolo.

l'immediata vicinanza dell'aereo. Si è detto « in parte » poichè permane la difficoltà di stimare se le traccianti siano dietro, avanti o abbiano colpito l'aereo.

Dall'esame delle caratteristiche tecniche dell'arma e delle sue effettive possibilità di tiro, ne deriva che l'azione c.a. non è da ritenere conveniente come un vero e proprio tiro in caccia ma solo attraverso un impiego a massa (inteso tale termine come concentramento di fuoco sullo stesso obiettivo) di più armi, previo un addestramento minuto e continuo dei serventi-tiratori.

Nella determinazione della zona di sgombero per la esecuzione del tiro c.a. è infine da tener presente che il proiettile della mitragliatrice Browning 12,7 non è autodistruggente e pertanto nel ricadere a terra conserva un potere vulnerante sufficiente a mettere fuori combattimento un uomo. Esperienze eseguite hanno messo in evidenza che si ha, per ogni raffica di 40 colpi, una ricaduta media di 6 colpi per ogni 100 m².

La somma delle difficoltà offerte per la esecuzione del tiro c.a. non deve far ritenere che l'arma non risponda agli scopi per cui è stata data. Essa rappresenta quanto di meglio può avere in proprio il singolo mezzo blindato ed il piccolo reparto, in fatto di armi c.a., poichè non è pensabile che essi possano avere un moderno cannone c.a. da trascinarsi al seguito. Nel quadro della difesa c.a. di una unità vi è posto anche per le mitragliatrici e spesso esse danno risultati sorprendenti e talvolta insperati.

Mortaio da 60 M2.

L'organizzazione meccanica del mortaio da 60 ripete, in dimensioni ridotte e con lievi varianti, quella del mortaio da 81 per cui non è il caso di soffermarsi.

Il suo peso complessivo è di circa kg. 19 e può raggiungere la gittata di 1.730 m..

Dispone di bombe ad alto esplosivo, nebbiogene-incendiarie, illuminanti.

Ad eccezione di quella illuminante, le altre bombe sono organizzate in modo analogo a quelle nostre da 81, di cui ripetono approssimativamente la forma biogivale con un codolo ove sono alloggiate la carica fondamentale e le 4 aggiuntive. La spoletta è organizzata per il solo funzionamento istantaneo. Per l'impiego, a seconda delle distanze da raggiungere e dell'andamento morfologico del terreno interposto tra la postazione ed il bersaglio da battere, scelta la carica ed il corrispondente angolo di tiro non v'è che da asportare le cariche aggiuntive eventualmente eccedenti al bisogno.

Il raggio d'azione efficace delle schegge si aggira sui 30 m. circa. La celebrità di tiro è di 10 ÷ 35 colpi al 1'.

La bomba illuminante ha una sua particolare organizzazione che consente di liberare a quote tra i 114 m. e i 158 m. ed a distanze sul piano

orizzontale tra m. 400 e m. 1.000 un candelotto illuminante la cui durata è di circa 25" con una intensità di luce oscillante (a seconda del tipo di miscela) tra 110.000 e 145.000 candele. La spoletta è a tempo fisso.

Il congegno di puntamento dà la possibilità di collimare in un settore di elevazione, espresso in gradi sessagesimali da 40° a 90° ed in uno di direzione, per una escursione di 150° a destra e 150° a sinistra del piano di tiro. Non ha piatto di parallelismo.

Le velocità iniziali che si realizzano variano col tipo di bomba e di carica impiegata entro valori che vanno da un minimo di 48 m/s ad un massimo di 158 m/s.

Le ordinate raggiungono valori massimi intorno ad 1 km. e minimi di 90 m.. Una opportuna scelta della carica consente, nella pluralità dei casi, la possibilità di superare ostacoli frapposti fra l'arma e l'obiettivo.

La precisione, in relazione alla natura dell'arma, è da considerarsi buona.

Le distanze di sicurezza, calcolate in base ad un valore di 3 F più il raggio d'azione delle schegge, sono in media di 150 m. per distanze sino a 500 m. compresi, di 200 m. per distanze oltre i 500 m. e sino a 1.300 m. compresi, di 250 m. per distanze oltre i 1.300 m. e sino al limite di gittata massima.

Dall'esame delle caratteristiche tecniche si rileva che il mortaio da 60 è arma adatta alla compagnia (1) per la esecuzione del tiro curvo a proietti scoppianti e per creare cortine nebbiogene. Gli americani fanno inoltre grande uso della bomba illuminante per consentire efficaci azioni di fuoco alle altre armi individuali e di reparto sia contro nemici che si avvalgono sempre più spesso delle ore notturne per attaccare, sia per avere essi stessi migliori possibilità di tiro in fase di attacco notturno.

Le modalità per la preparazione del tiro, tenuto conto delle caratteristiche messe in evidenza, sono, a nostro avviso, da ricercare nell'ambito della semplicità e, in relazione al probabile impiego, della speditezza. A tali criteri rispondono bene, per determinare direzioni di tiro, il sistema degli allineamenti di paline e l'uso della bussola goniometrica nonché il costante impiego del riporto di puntamento. La preparazione deve essere effettuata, in genere per arma, pur non escludendo la possibilità di creare degli allineamenti paralleli con mezzi di circostanza.

Del mortaio da 60 esiste un modello 19 costituito dalla bocca da fuoco e da una piastra di dimensioni ridotte che impiega lo stesso muniziona-

(1) A parte questioni di peso ed altro, le distanze di sicurezza non consentono una azione di fuoco aderente al movimento degli elementi avanzati nella fase cruciale dell'attacco e pertanto non è da ritenere arma adatta al plotone.

mento. Il peso è di soli kg. 9. La percussione è comandata. Ha una gittata massima di 620 m.. La celerità è di $10 \div 15$ colpi al 1'. Il puntamento in direzione si effettua disponendo la linea di fede bianca, dipinta sul tubo di lancio, in corrispondenza dell'obiettivo o del piano di direzione materializzato sul terreno mediante paline. L'angolo di tiro voluto si segna sul settore di elevazione del congegno di puntamento ed a mano si regola l'inclinazione della bocca da fuoco sino a che la bolla della livella di elevazione risulti centrata.

Il suo peso modesto, l'unicità del munizionamento col mortaio di compagnia, la facilità d'impiego, la celerità di tiro, la disponibilità di munizionamento nebbiogeno e illuminante ne farebbero un mezzo ottimo per il plotone di fanteria (e per i reparti paracadutisti in genere) cui l'uso di bombe nebbiogene da fucile o proietti razzo nebbiogeni da Bazooka cal. 60 (il Bazooka cal. 88 non ne dispone) non possono assicurare una conveniente cortina nebbiogena data la scarsa celerità di tiro di tali armi e la piccola capacità del munizionamento. Ciò senza tener conto della possibilità di poter impiegare anche la bomba illuminante.

Lanciarazzi Bazooka.

L'arma è nata dalla febbrile ricerca di un mezzo leggero, da dare in dotazione ai più piccoli reparti, capace di lanciare a distanza ravvicinata un proietto idoneo a perforare le corazze dei mezzi blindati avversari.

Si è cioè cercato di ottenere un alto rendimento di potenza con un minimo di peso e d'ingombro, termini questi, per il passato, del tutto inconciliabili.

La necessaria premessa alla sua ideazione è costituita dall'impiego del proietto a carica cava. Questo assommava in sé le caratteristiche della potenza, non avendo bisogno di essere animato da alta velocità iniziale poichè non doveva operare per azione d'urto ed anzi una delle condizioni al suo miglior comportamento è quello della bassa velocità iniziale.

La necessità di un mezzo di lancio rispondente alle suddette caratteristiche, portò i Tedeschi alla ideazione del Panzerfaust, gli Inglesi del Piat, gli Americani a quella del Bazooka.

Senza tener conto del Panzerfaust che rappresenta un primo stadio non perfezionato del mezzo di lancio in questione, è da mettere in evidenza che Inglesi ed Americani seguirono vie diverse nelle loro realizzazioni per cui i primi ebbero un mezzo più rustico, più pesante, di più complessa organizzazione, di più difficile allestimento di quello realizzato dai secondi. E' strano a dirsi, ma gli Americani arrivarono ad un miglior risultato, dai punti di vista sopra indicati, basandosi sul vecchio principio dell'autopropulsione che i pirotecnici conoscono da secoli e sul quale fon-

dano ancora oggi il lancio delle loro stelle multicolori a chiusura delle feste per il Santo Patrono.

Ma ogni vantaggio si paga con degli svantaggi ed il Bazooka pagò lo scotto nei confronti del Piat attraverso la notevole vampata che si produce in culatta all'atto dello sparo (a causa dell'autopropulsione) cosicchè, svelando l'ubicazione dell'arma, obbliga il tiratore a cambiare continuamente appostamento (per i dati relativi allo sgombero posteriore vedasi lo specchio sui dati tecnici).

Il tubo di lancio non soggetto ad alcun tormento, ma destinato unicamente a contenere il proietto ed a guidarlo nella giusta direzione e con la opportuna inclinazione, potè essere ridotto alla più semplice espressione ed al minimo peso in relazione solo alla natura del metallo costitutivo, che, nei modelli più recenti, è quasi esclusivamente il duralluminio.

Il congegno di puntamento, inizialmente a tacca di mira e mirino (ne esistono ancora esemplari in distribuzione), è poi divenuto ottico con una serie di tacche incise, indicanti i punti coi quali collimare all'obiettivo in movimento a seconda della sua velocità e della sua direzione di marcia.

Il congegno di sparo è elettrico ed è stato realizzato in modo che l'azionamento del grilletto provochi il movimento di un nucleo di ferro dolce in una elettrocalamita, cosicchè si determini una variazione del campo magnetico e quindi un flusso di corrente che, attraverso la massa dell'arma ed un filo conduttore (collegato tra il proiettile ed il lanciarazzi) origini l'innescamento della carica propellente contenuta nel codolo del proietto a razzo.

L'innescamento di detta carica è provocato dall'arroventarsi di una resistenza elettrica in essa annegata e collegata ad uno dei capi del filo conduttore.

Il proietto non dovendo lavorare per forza viva d'urto è di semplice lamierino di ferro e funge da semplice contenitore della carica cava di scoppio e di quella propellente. Un governale ne assicura la stabilità in traiettoria. Una siffatta organizzazione ha consentito di contenere il peso dei proietti razzo entro limiti modesti, pur avendosi mezzo kg. di carica di scoppio per il Bazooka da 60 e circa kg. 1 per quello da 88.

La gittata massima può essere definita modesta in senso assoluto, ma ove si consideri lo scopo per cui l'arma è nata (difesa ravvicinata c.c.) essa risulta esuberante rispetto alle necessità. La distanza d'impiego efficace nel tiro c.c. è infatti di 1/6 circa di quella massima raggiungibile dall'arma. Tale sensibile decurtazione del braccio d'azione è da imputare alla notevole dispersione del tiro dopo i 100 ÷ 150 m. ed alle difficoltà insite nella esecuzione del tiro c.c. quando si impieghi un'arma a bassa velocità iniziale. E' inoltre da osservare, sempre a tale proposito, che seguendo il proietto razzo una traiettoria alquanto curva, esso, a distanze oltre i 150 m., pur

colpendo l'obiettivo, nella migliore delle ipotesi, vi arriva con forti angoli di incidenza che, nella maggioranza dei casi, pregiudicano l'effetto di perforazione della carica cava.

Dall'esame di quanto sopra ne deriva che si è raggiunto sì lo scopo di dare ai reparti un mezzo semplice, leggero, capace di perforare corazze di acciaio assai spesso che un tempo erano bersaglio esclusivo delle artiglierie, ma per contro:

- si è obbligati ad un impiego assai ravvicinato che presuppone notevoli doti di cuore nel tiratore ed un suo affinato addestramento tecnico;
- l'arma si svela in modo assai evidente sin dal primo colpo;
- la celerità di tiro è modesta.

In questa lotta contro i mezzi corazzati non è intercorso molto tempo dalla creazione del primo Bazooka da 60 che già questo mezzo è risultato insufficiente a lottare con fortuna contro i più potenti e moderni mezzi blindati. Fermo il sistema realizzato, si è passati perciò alla creazione del Bazooka da 88 mm. che non ha portato che ad una lieve (in senso assoluto) maggiorazione del peso dell'arma, pur avendo più che raddoppiato il peso del proietto, triplicata la capacità di perforazione ed incrementata di circa il 50 % la distanza d'impiego efficace (vedasi dati tecnici a confronto).

Nel realizzare il munizionamento da 88 si è limitato al solo proietto ad alto esplosivo l'allestimento del munizionamento, trascurando l'allestimento dei proietti nebbiogeni e lacrimogeni creati invece a suo tempo per il Bazooka da 60. Ciò è da ascrivere alla constatazione fatta che la scarsa celerità di tiro non consente la creazione di una efficace cortina nebbiogenea ed in ogni caso è poco redditizio impiegare a tal fine un'arma che si svela in modo così vistoso come il Bazooka.

Ai fini del tiro c.c. a distanze assai ravvicinate (intorno ai 70 m.) torna qui opportuno mettere in evidenza come questa necessità sia soddisfatta anche dalle moderne bombe da fucile c.c. Energa e S.T.R.I.M. che, alle distanze d'impiego considerate, conseguono il vantaggio rispetto al Bazooka di:

- non produrre la vampata posteriore;
- essere impiegabili da posizioni più defilate;
- consentire il risparmio organico di un servente;
- avere la possibilità di far fuoco anche dall'interno di un edificio, il che è quasi sempre inibito al Bazooka, a causa dell'onda riflessa che si produrrebbe per effetto della vampata posteriore;
- avere maggiore attitudine a perforare corazze diaframmate (la capacità assoluta di perforazione è superiore a quella del Bazooka da 60);
- avere minore peso del corrispondente proietto razzo.

La distanza efficace d'impiego della bomba c.c. da fucile è però ridotta rispetto a quella dei Bazooka di entrambi i calibri e ciò fa indurre che non

di una sostituzione di queste armi si possa parlare ma di semplice integrazione.

Una ultima notizia, prima di riportare i dati tecnici a confronto tra il Bazooka da 60 e da 88, mette conto di riportare ed è quella relativa alla difesa che i mezzi blindati adottano a protezione di questo micidiale (per essi) mezzo di offesa. Si è cioè constatato che il mezzo blindato avente dinanzi alla corazza delle griglie, dei rami d'albero, dei sacchetti di sabbia, esce indenne dal duello quando il colpo di Bazooka impatti nel mezzo antistante la corazza. In esperienze eseguite, alcuni colpi di Bazooka da 60 messi a segno dalla distanza di m. 100 contro un relitto di carro Sherman, protetto da uno strato di sacchetti di sabbia, hanno prodotto lo sventramento di alcuni di detti sacchetti e lo stampaggio sulla corazza della trama dei sacchetti stessi senza che la piastra risultasse minimamente intaccata. Ciò è da attribuire al fatto che l'azione termodinamica della carica cava non riesce a concentrarsi in un punto della corazza ma è costretto dal mezzo interposto a disperdersi secondo una superficie lontana dal limite al quale è possibile alla carica cava di produrre i noti effetti.

Dati tecnici comparativi.

Dati	Bazooka da 60 M9A1 (2",36)	Bazooka da 60 M18 (2",36)	Bazooka da 88 M20 (3",5)
Peso totale	kg. 7,190	kg. 4,670	kg. 6,800
Lunghezza		m. 1,55	
Velocità iniziale	da 79 a 84 m/s		da 90 a 92
Celerità di tiro pratica . .	3 o 4 colpi al 1'		
Gittata massima	m. 600		m. 850
Gittata efficace nel tiro c.c.	m. 70 ÷ 100		m. 70 ÷ 150
Penetrazione in corazza di acciaio omogeneo fino a 30° dell'angolo di impatto	cm. 8		cm. 27,5
Sgombero poster. all'arma .	Triangolo isoscele con base ed altezza di m. 25		

Mortaio da 107 (4",2).

Il mortaio da 107 è nato inizialmente come arma chimica, come arma cioè atta a lanciare un proietto a grande capacità interna contenente il liquido di varia natura che, a contatto dell'aria, si trasforma in gas soffocante, irritante, lacrimogeno, ecc.. In considerazione dello scopo da rag-

giungere non si è molto studiato per conferire all'arma una gittata superiore a quella dei mortai medi. Si è invece abbandonata, nei riguardi del proietto, la forma classica biogivale delle bombe da mortaio, particolarmente efficace ai fini dell'effetto delle schegge, e si è invece adottata la forma cilindro-ogivale dei proietti di artiglieria come quella più idonea ad assicurare una efficace rispondenza agli scopi predetti.

L'adozione della forma cilindro-ogivale per il proietto ha di conseguenza implicato la rigatura della bocca da fuoco e la necessità di ricorrere ad un antico sistema in uso nelle prime artiglierie per consentire il caricamento dalla bocca ed assicurare la rotazione del proietto nell'interno dell'anima.

A tal uopo è stato saldato, alla base del proietto, un piatto di metallo plastico con una intercapedine che consente l'introduzione del proietto dalla bocca ed all'atto della deflagrazione della carica di lancio si schiaccia aumentando di diametro cosicchè investendosi nelle righe funziona da corona di forzamento.

Durante l'ultima guerra, essendo state rispettate da tutti i belligeranti le convenzioni internazionali relative al divieto di impiego degli aggressivi chimici, il mortaio da 107 non ebbe modo di essere adoperato per gli scopi per cui era stato allestito e fu usato, specie nel Pacifico, con i proietti al fosforo bianco per creare vasti incendi nella jungla ove si trinceravano i giapponesi e per collaborare alla formazione di ampie cortine nebbiogene durante gli sbarchi.

In tempo successivo fu allestito un proietto ad alto esplosivo con spoletta modificata M 3 per funzionamento istantaneo contro obiettivi animati e con spoletta M 4 a funzionamento ritardato (4",15) per le azioni di fuoco contro postazioni a cielo coperto.

La carica di lancio, allogata alla base del proietto, è costituita da un complesso di foglietti che è possibile asportare in opportuna misura prima dell'impiego, variando così la gittata, fermo restando l'angolo di tiro (le possibilità di raggiungere varie distanze possono essere attuate variando l'angolo di tiro o la carica di lancio o entrambi i termini).

L'asportazione di un foglietto accorcia la gittata di 100 yards. E' possibile togliere anche metà o 1/4 di foglietto, variando rispettivamente la gittata di 50 e di 25 yards.

Il congegno di puntamento si applica sulla volata della bocca da fuoco e si toglie prima di sparare ogni colpo. Non ha piatto di parallelismo e quello di direzione porta 2 graduazioni inverse da 0 a 32 ettogradi. Il settore di elevazione segnato in millesimi consente una escursione da 600° a 1200°.

Il peso, come risulta dai dati tecnici sottoindicati, è notevole ove si consideri che l'arma pur appartenendo alla categoria dei mortai pesanti e pur impiegando un proietto di notevole peso (kg. 11,500 in media), raggiunge

una gittata pari a quella del mortaio da 81, di cui non ha però la stessa celerità di tiro.

Le caratteristiche di peso e di ingombro dell'arma e delle munizioni impongono limitazioni d'ordine logistico e tattico, mentre il limitato braccio d'azione comporta la necessità di assoggettare l'arma alle fluttuazioni del combattimento quanto il mortaio da 81 di cui però non possiede la mobilità e la relativa facilità del rifornimento munizioni.

Per la preparazione del tiro, le modalità non differiscono da quelle in atto (f.s. goniometro) ed in corso di adozione (tavoletta e determinatore) per il mortaio da 81. L'esistenza però di una sola graduazione azimutale sull'alzo rende meno semplici le operazioni relative alla formazione del fascio parallelo ed alla preparazione del tiro in direzione.

DATI TECNICI.

Calibro: mm. 107.

Peso:

— bocca da fuoco: kg. 48	}	kg. 151
— piastra: kg. 79		
— affusto: kg. 24		

Anima della bocca da fuoco: rigata - rigatura di passo pari a 20 calibri (24 righe).

Gittata massima: km. 4

Distanza di sicurezza: m. 350 ÷ 450

Trasporto:

- su automezzo
- somigliato (2 muli)
- traino a braccia a mezzo di apposito carrello.

Cannone senza rinculo da 75.

Si intende per cannone senza rinculo un'arma capace di lanciare un proietto non autopropulso (1) organizzata in modo che la stessa carica di lancio che imprime il moto al proietto crei la forza equilibratrice dell'energia di rinculo e che non eserciti alcuna sollecitazione (all'infuori del proprio peso) sull'affusto e sul terreno.

Poichè il manifestarsi della energia di rinculo è una delle cause principali della pesantezza delle artiglierie, in quanto comporta l'impiego di

(1) Il Bazooka, pertanto, non appartiene alla categoria del senza rinculo.

slitte, organi frenanti, organi elastici di recupero, affusti complessi, ecc., la possibilità di sopprimere tali organi e ridurre le dimensioni dell'affusto sino ad abolirlo o ad attribuirgli la semplice sopportazione statica del peso proprio della bocca da fuoco, rappresenta la via migliore per ridurre notevolmente le dimensioni ed il peso di un complesso di artiglieria sino a farne un mezzo mobilissimo e di rapido impiego da dare ai reparti di fanteria, senza le ovvie servitù di ordine tattico e logistico.

La realizzazione tecnica del concetto suesposto fu accennata già durante la prima guerra mondiale col cannone Davis ed è stata ripresa, sotto l'assillo di potenziare l'armamento c.c. dei reparti di fanteria, durante l'ultima guerra, da parte sia dei Tedeschi che degli Americani.

Le migliori realizzazioni in detto campo sono però obiettivamente da ascrivere agli Americani che hanno potuto avvalersi di un'assai migliore potenziale economico ed industriale.

Il primo tipo realizzato fu il cannone da 57, cui fece seguito il 75 e di recente il 105 (quest'ultimo sistemato su jeep e impiegato per distanze oltre i 2.400 m.).

Il sistema adottato è stato quello di provocare, all'atto dello sparo, il deflusso della massa gassosa, generata dalla carica di lancio, attraverso delle luci opportunamente sagomate e ricavate tra l'otturatore e la culatta, in modo che sia realizzata la condizione per cui: ad ogni istante del percorso del proietto entro l'anima corrisponda un deflusso di gas in culatta avente massa e quantità di moto uguale e contraria a quello del proietto stesso e dei gas che lo spingono avanti.

Il realizzarsi di questa condizione determina l'assenza assoluta del rinculo, l'eliminazione cioè di qualsiasi lavoro da parte dell'affusto per tutta la durata del movimento del proietto nell'anima e all'atto dell'uscita dalla volata.

L'adozione del proietto cilindro-ogivale, richiedendo l'uso della rigatura, ha imposto la necessità:

— di dare un'opportuna inclinazione all'asse degli ugelli di deflusso, in modo che sia impedito l'effetto di trascinamento che la rotazione del proietto esercita sull'anima;

— l'adozione di una corona di forzamento preintagliata allo scopo di non dover realizzare una pressione di forzamento per poter determinare l'intaglio della corona stessa (il che avrebbe comportato un impulso verso l'avanti).

Tale ultima realizzazione, consentendo di ridurre la profondità della rigatura e quindi lo spessore della canna, ha permesso un ulteriore alleggerimento dell'arma.

La possibilità di determinare la completa combustione della carica in un ambiente isolato ed ermeticamente chiuso è stata assicurata immettendo

la carica stessa in una guaina di cartone impermeabilizzato contenuta, a sua volta, in un bossolo di ottone forato lungo la parete cilindrica. Il proietto, forzato e punzonato nel bossolo di ottone non può iniziare il suo moto se non quando, verificatasi la completa combustione della carica e raggiunta la pressione sufficiente a vincere il vincolo esistente col bossolo, la guaina di cartone si rompa in corrispondenza dei fori del bossolo di ottone e si verifichi l'efflusso dei gas nella camera.

Il tormento provocato sulle superfici interne degli ugelli dal passaggio dei gas ad elevata pressione e temperatura dà luogo ad erosioni tali per cui è necessario, dopo aver sparato un certo numero di colpi (circa 500), ricorrere alla loro rettifica ad evitare lo sfasamento della compensazione ed il conseguente impulso verso l'avanti della bocca da fuoco. Detta rettifica si effettua sostituendo l'anello delimitatore della superficie interna di detti ugelli.

L'impiego della carica cava ha consentito di realizzare, con una pur limitata velocità iniziale di 300 m/s, ottime perforazioni alle distanze d'impiego.

In contrapposto alla serie di vantaggi sopra indicati è da mettere però in rilievo che l'adozione del cannone senza rinculo comporta:

a) a causa del deflusso attraverso gli ugelli della massa gassosa (che si infiamma a contatto dell'aria) la formazione di una notevole vampata a tergo dell'arma e quindi la necessità di avere uno sgombero posteriore che per il cannone da 75 ha forma conica con una base ed una altezza di 40 m. circa;

b) a causa della bassa velocità iniziale:

- traiettorie alquanto curve e quindi piccolo errore battuto;
- influenza del vento sui proietti;
- maggiore difficoltà (a parità di ogni altra condizione) di colpire bersagli mobili rispetto alle armi aventi alta velocità iniziale.

In base a quanto detto sugli scopi per cui l'arma è nata e sulla sua organizzazione tecnica, è possibile esaminare quali siano le caratteristiche d'impiego che ne derivano.

La funzione preminente è quella c.c. pur essendo possibile quella a puntamento diretto ravvicinato contro postazioni in casamatta per tiri di imbocco, contro armi di reparto nemiche, gruppi di uomini, e per creare incendi. Di carattere eccezionale è invece l'impiego nel tiro di accompagnamento da postazioni in contro pendenza adoperando l'apposito alzo a canocchiale.

L'eccezionalità di detto impiego è conseguente al fatto che la vampa di culatta fa individuare il pezzo da grande distanza per cui è costretto a cambiare subito postazione dopo aver sparato pochi colpi. E' quindi idoneo

per azioni di fuoco di sorpresa, a distanza ravvicinata, a colpo sicuro, poichè la sua azione deve essere breve nel tempo.

La scelta della postazione è inoltre condizionata a determinate caratteristiche dovute alla necessità di sgomberare la zona retrostante la culatta. L'esistenza di un muro o di un rilievo verticale a tergo che non sia a distanze superiori ai 40 m. provoca il rimbalzo dell'onda di culatta che investe e danneggia i serventi.

E' opportuno infine precisare che l'impiego di proietti a carica cava sia con i cannoni senza rinculo che con le bombe da fucile e con i proietti razzo per Bazooka, non risolve integralmente il problema della difesa c.c. Perchè infatti la carica cava possa lavorare concentrando la sua azione termodinamica lungo l'asse di facilitazione, è necessario che la cavità ricavata nell'esplosivo non subisca deformazioni prima che abbia convogliato del tutto i gas sviluppati. Ciò impone l'impiego di basse velocità d'impatto per un normale funzionamento e di conseguenza basse velocità iniziali con gli effetti sopra accennati.

In sostanza queste armi possono integrare ma non sostituire nell'azione c.c. i carri stessi ed i cannoni c.c. ad elevata velocità iniziale.

Dati tecnici.

DATI	Cannone da 75 s.r. M20	Cannone da 75 s.r. T21
Peso della bocca da fuoco con supporto d'alzo . .	kg. 52,700	kg. 47,650
Peso del complesso col treppiede	kg. 77,200	kg. 72,500
Lunghezza totale	cm. 208,28	cm. 203,20
Velocità iniziale con proietto ad alto esplosivo . .	300 m/s	
Gittata massima nell'impiego c.c.	800 m.	
Sgombero posteriore . . .	Triangolo isoscele avente base ed altezza di m. 37	

Conclusioni.

Una conclusione d'indole generale che possiamo trarre da quanto sopra detto è che mentre, di norma, il tecnico realizza, in base ai criteri d'impiego, le armi idonee all'attuazione della dottrina tattica, nel caso in esame ci

troviamo dinanzi ad un problema nettamente rovesciato. Ci troviamo cioè di fronte ad armi già realizzate ed in possesso di determinati requisiti di ordine tecnico che, condizionando un determinato impiego, richiedono una valutazione specifica delle loro prestazioni d'indole meccanica e balistica.

Da un punto di vista strettamente personale si è tentato di mettere in rilievo le questioni tecniche che, per ciascuna arma, maggiormente concorrono a definirne il più idoneo impiego.

I dati riportati, desunti da manuali originali già di pubblica ragione, consentono ad altri la possibilità di meglio esaminare il problema che si è inteso prendere in considerazione.

Complementi di meccanica delle armi automatiche

Col. d'art. (S.Te.A.) LUIGI PETRONE

In un precedente articolo, riguardante la meccanica delle armi automatiche, ho dovuto affrontare il problema dell'aumento della velocità di rinculo, dopo l'uscita del proietto, a causa dei gas effluenti.

La questione è importante sia dal punto di vista puramente teorico, sia perchè ha influenza sul calcolo del congegno di ricupero nelle armi automatiche e del freno-ricuperatore nelle artiglierie.

Per quanto riguarda i dati sperimentali rimandiamo pertanto il lettore ai dati contenuti nel fascicolo *Army Ordnance* del novembre-dicembre 1926 e nel *Mémorial de l'artillerie française* 1928, 1° fascicolo. Dai dati forniti in tali articoli si è potuto concludere che la curva delle pressioni in funzione del tempo può essere bene rappresentata da una curva esponenziale. E' già questo un passo avanti rispetto all'ipotesi del Vallier, che ammetteva una caduta lineare della pressione in funzione del tempo. Ma vi è di più. In un notevole e interessante articolo, pubblicato nel fascicolo novembre-dicembre 1928 della *Rivista di Artiglieria e Genio*, l'allora ten. ing. E. Ravelli, anche lui impiegando soltanto carta e inchiostro, perveniva, dopo un calcolo razionale, alla determinazione della durata di efflusso:

$$T = 4,93 \left(1 - \frac{\alpha}{V_1}\right) \left(1 - 0,027 \frac{v_o^2}{p_1 (V_1 - \alpha)}\right) \left(\frac{u}{A \sqrt{p_1 (V_1 - \alpha)}}\right) \left[\left(\frac{p_1}{p_e}\right)^{\frac{1}{10}} - 1\right] \quad [1]$$

essendo α il covolume,

u il volume dell'intera canna,

V_1 il volume specifico dei gas quando il proietto è alla bocca in $\text{m}^3/\text{kg.}$,

p_1 la pressione in kg. per m^2 alla bocca,

p_e la pressione in kg. esterna,

v_o la velocità alla bocca in m/sec. ,

A la sezione retta alla bocca in m^2 .

Il calcolo, molto ben condotto, è basato sulla termodinamica. E' noto che il calore è una energia degradata, che occupa nella fisica un posto particolare. Il calore è legato al concetto di temperatura, che è un concetto statistico, e quindi, come giustamente nota l'autore, l'approssimazione della formula è necessariamente non grande.

Ma occorre notare che nel fenomeno dello svuotamento delle canne dai gas, dopo l'uscita del proietto giuocano le pressioni, i volumi e le temperature e quindi non c'è altro che la termodinamica che può affrontare tale problema. Inoltre è noto che i gas della carica di lancio effluiscono dalla bocca dell'arma anche prima della fuoruscita del proietto, per cui le approssimazioni, necessariamente introdotte nel calcolo dell'ing. Ravelli, anche per questo ultimo motivo, possono ritenersi pienamente accettabili.

Premesso ciò, e acquisito il fatto che è possibile mediante la [1] calcolare il tempo di svuotamento delle canne, possiamo riprendere la trattazione:

Rinculo libero.

Ammissa la formula:

$$P = P_b e^{-Kt} \quad [2]$$

dove P_b è la pressione di bocca in kg/cm^2 ,

t il tempo in secondi,

K una costante,

P la pressione corrente in kg/cm^2 ,

abbiamo già determinato mediante una facile integrazione

$$M (\bar{V}_o - V_o) = \frac{\Omega (P_b - 1) T}{\log_e P_b} \quad [3]$$

essendo M la massa rinculante,

V_o la velocità di rinculo quando il proietto è alla bocca,

$\bar{V}_o$ la velocità massima di rinculo,

Ω la sezione retta della canna in cm^2 ,

T il tempo in secondi calcolabile con la [1].

Abbiamo anche visto che, quando la pressione di bocca è scesa a quella atmosferica, dalla [2] si ricava

$$\log_e P_b = K T \quad [4]$$

da cui

$$K = \frac{\log_e P_b}{T} \quad [5]$$

ed inoltre

$$e^{-Kt} = \frac{1}{P_b} \quad [6]$$

Riprendiamo la [2] e integriamo tra i valori del tempo: zero e t corrente si ha:

$$V - V_o = \frac{\Omega P_b}{M} \int_0^t e^{-Kt} dt = -\frac{\Omega}{KM} (e^{-Kt} - 1) \quad [7]$$

ed anche

$$V - V_o = \frac{\Omega P_b T}{M \log_e P_b} (1 - e^{-Kt}) \quad [7^{bis}]$$

dalla quale è possibile ricavare l'incremento della velocità di rinculo nell'intervallo $0 - T$, mentre per $t = T$ vale la [3].

La [7 bis] può essere ulteriormente integrata: si ha:

$$\frac{ds}{dt} = V_o + \frac{\Omega T P_b}{M \log_e P_b} (1 - e^{-Kt}) \quad [8]$$

$$S = V_o T + \frac{\Omega T^2 P_b}{M \log_e P_b} - \frac{\Omega (P_b - 1) T^2}{M (\log_e P_b)^2} \quad [9]$$

$$S = V_o T + \frac{\Omega T^2}{M \log_e P_b} \left(P_b - \frac{P_b - 1}{\log_e P_b} \right) \quad [9^{bis}]$$

La [9 bis] ci permette calcolare il rinculo libero della massa rinculante.

ENERGIA CONSUMATA DAI GAS EFFLUENTI PER L'INCREMENTO DELLA VELOCITÀ DI RINCULO

E' data, com'è noto, dall'integrale

$$\frac{M}{2} (\bar{V}_o^2 - V_o^2) = \Omega P_b \int_0^s e^{-Kt} ds \quad [10]$$

e, tenendo presente la [8]:

$$\frac{M}{2} (\bar{V}_o^2 - V_o^2) = V_o \Omega P_b \int_0^T e^{-Kt} dt + \frac{\Omega^2 P_b^2 T}{M \log_e P_b} \int_0^T e^{-Kt} (1 - e^{-Kt}) dt \quad [11]$$

Integrando si ha :

$$\frac{M}{2} (\bar{V}_o^2 - V_o^2) = \frac{V_o \Omega (P_b - 1) T}{\log_e P_b} + \frac{\Omega^2 P_b (P_b - 1) T^2}{M (\log_e P_b)^2} - \frac{\Omega^2 (P_b^2 - 1) T^2}{2 M (\log_e P_b)^2} \quad [12]$$

ed anche :

$$\frac{M}{2} (\bar{V}_o^2 - V_o^2) = \frac{V_o^2 \Omega (P_b - 1) T}{\log_e P_b} + \frac{\Omega^2 T^2}{M (\log_e P_b)^2} \cdot \frac{(P_b - 1)^2}{2} \quad [12^{bis}]$$

ESEMPI :

Facciamo alcune applicazioni :

a) Moschetto automatico cal. 11,11 (Thomson): peso della pallottola gr. 14,8, carica di lancio gr. 0,4, percorso del proietto m. 0,250; peso massa rinculante gr. 845 - $V_o = 240$ m/s; pressione di bocca kg/cm² 46.

Dati relativi al rinculo quando il proietto è alla bocca			Dati relativi al rinculo dall'uscita del proietto alla totale caduta di pressione		
<i>T</i> sec	<i>V</i> _o m/s	<i>S</i> metri	<i>T</i> sec	ΔV m/s	<i>S</i> metri
0,0015	4,13	0,0043	0,0034	0,0393	0,01445

b) Moschetto automatico cal. 9: peso della pallottola gr. 7,37; carica di lancio gr. 0,4; percorso del proietto $X =$ m. 0,22; peso massa rinculante gr. 762 - $V_o = 420$ m/s; pressione di bocca kg/cm² 133.

Dati relativi al rinculo quando il proietto è alla bocca			Dati relativi al rinculo dall'uscita del proietto alla totale caduta di pressione		
<i>T</i> sec	<i>V</i> m/s	<i>S</i> metri	<i>T</i> sec	ΔV m/s	<i>S</i> metri
0,00083	4,1	0,0022	0,0032	0,676	0,013

Dai dati calcolati è facile ricavare per il moschetto automatico cal. 9, il valore di

$$K = \frac{2.3 \log_{10} P_b}{T} = 1525$$

Sempre per il moschetto automatico cal. 9 si hanno le seguenti velocità di rinculo in funzione del tempo e le corrispondenti pressioni di bocca:

dopo sec. 0,001	dall'uscita del proietto: $V_1 = \text{m/s } 4,640$	$P_b = 27,5 \text{ kg/cm}^2$
dopo sec. 0,002	dall'uscita del proietto: $V_2 = \text{m/s } 4,75$	$P_b = 6,27 \text{ kg/cm}^2$
dopo sec. 0,003	dall'uscita del proietto: $V_3 = \text{m/s } 4,77$	$P_b = 1,37 \text{ kg/cm}^2$
dopo sec. 0,0032	dall'uscita del proietto: $V_4 = \text{m/s } 4,776$	$P_b = 1 \text{ kg/cm}^2$

BILANCIO ENERGETICO NEL RINCULO DELLE ARMI AUTOMATICHE

Nel precedente articolo, sulla meccanica delle armi automatiche (1), già citato, abbiamo determinato i valori degli spazi e velocità nel terzo periodo di rinculo: moto della massa rinculante, cessata l'azione dei gas della carica di lancio.

L'energia potenziale si può facilmente ricavare dalla formula [31] dell'articolo già citato; essa è:

$$dW = M(S_0 + K^2 x) dx \quad [13]$$

essendo:

$$K^2 = \frac{\beta}{M} \quad S_0 = \frac{R''_0 + fG}{M}$$

$$x = \frac{S_0}{K^2} \cos Kt - \frac{S_0}{K^2} + \frac{\bar{V}_0}{K} \sin Kt$$

Integrando si ha:

$$W = MS_0 x + MK^2 \frac{x^2}{2} \quad [14]$$

Sostituendo ad x il suo valore, si ottiene:

$$W = \frac{MS_0^2}{2K^2} \cos^2 Kt + \frac{M\bar{V}_0^2}{2} \sin^2 Kt - \frac{MS_0^2}{2K^2} + \frac{M\bar{V}_0 S_0}{K} \sin Kt \cos Kt \quad [15]$$

(1) Fascicolo tecnico fanteria della « Rivista Militare », luglio 1951.

e ricavando, dal precedente articolo, il valore della velocità corrente di rinculo

$$W = V_o \cos Kt - \frac{S_o}{K} \sin Kt$$

Si ha facilmente l'energia cinetica $\frac{m}{2} v^2$

$$L = \frac{M V_o^2}{2} \cos^2 Kt - \frac{M V_o S_o}{K} \sin Kt \cos Kt - \frac{M S_o^2}{2 K^2} \sin^2 Kt \quad [16]$$

All'inizio del moto $t = 0$ l'energia potenziale è nulla, mentre l'energia cinetica è pari a $\frac{M \bar{V}_o^2}{2}$

Inoltre, come in tutti i moti armonici, la somma dell'energia cinetica e potenziale, cioè l'energia totale del sistema, è indipendente dal tempo ed è costante:

$$\varepsilon = L + W = \frac{M \bar{V}_o^2}{2} \quad [17]$$

Durante il moto si ha una continua trasformazione di energia cinetica in energia potenziale.

La [17] ci permette una importante osservazione:

La quantità di moto di rinculo, stabilita la velocità iniziale e il peso della pallottola, è una quantità costante e cioè, grosso modo:

$$M \bar{V}_o = m v_o = K$$

Da questa relazione si ha:

$$\bar{V}_o = \frac{K}{M} \quad [18]$$

che sostituita nella [17] ci dà:

$$\varepsilon = \frac{K^2}{2 M} \quad [19]$$

Differenziata logaritmicamente la [19] e passando alle differenze finite, si ottiene

$$\Delta \varepsilon = - \varepsilon \frac{\Delta M}{M} \quad [20]$$

ed anche, indicando con G il peso della massa rinculante:

$$\Delta \varepsilon = - \varepsilon \frac{\Delta G}{G} \quad [20^{bis}]$$

è quindi possibile diminuire l'energia totale del sistema, aumentando il peso della massa rinculante. Può anche darsi che, in casi specialissimi, occorra aumentare tale energia: in tal caso è sufficiente diminuire il peso della massa rinculante.

IMPOSTAZIONE ELEMENTARE DEL PROGETTO DI UN CONGEGNO DI RICUPERO

La lunghezza del rinculo può essere stabilita con criteri pratici di ingombro, mentre il peso della massa rinculante, specie in un'arma con chiusura a massa, va determinato, come peso minimo, con la formula semplice:

$$G = p \frac{X}{S} \quad [21]$$

dove p è il peso della pallottola,

X il percorso del proietto,

S è lo spazio (minimo) che si vuol concedere al rinculo quando la pallottola è alla bocca.

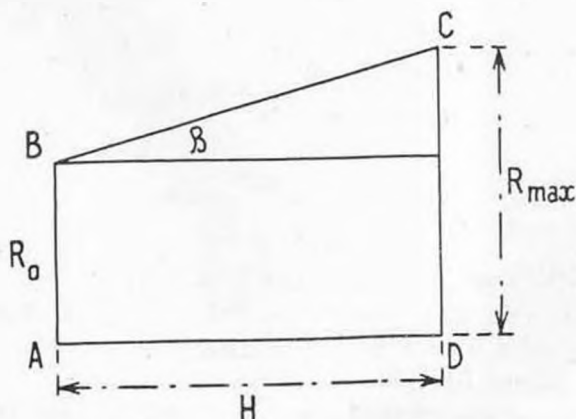


Fig. 1.

Dalla figura che precede è facile rilevare che l'area del trapezio $A B C D$, trascurando, in un primo tempo, gli attriti che danno, d'altra parte, un lavoro resistente minimo, l'area stessa rappresenta evidentemente l'energia di rinculo: $\varepsilon = \frac{1}{2} M \bar{V}_o^2$. R_o , lo sforzo iniziale della molla recuperatrice, deve essere certamente superiore al peso della massa rinculante.

D'altra parte si ha:

$$\frac{1}{2} M \bar{V}_o^2 = \varepsilon = H \frac{R_o + R_{max}}{2} \quad [22]$$

La fig. 1 si presta ad ottenere, senza speciali attrezzature, la velocità di rinculo in un'arma automatica in istudio. Basta munire la massa rinculante, di cui è facile determinarne il peso, di un indice scrivente e ricavare la lunghezza del rinculo H . Rilevate le caratteristiche della molla, con un elasticometro, è molto semplice il calcolo di $\bar{V}_o$ da cui si può avere un dato abbastanza esatto della velocità iniziale della pallottola.

Dalla [22] si ha anche

$$\left. \begin{aligned} 2 \varepsilon H &= R_{max} + R_o \\ H \operatorname{tg} \beta &= R_{max} - R_o \end{aligned} \right\} \quad [23]$$

Il calcolo della molla è molto semplice: può essere effettuato numericamente ed anche, con maggiore rapidità, graficamente. Nel fascicolo XI — novembre 1930 della Rivista di Artiglieria e Genio « Degli Equilibratori », del gen. ALFONSO MATTEI —, l'argomento è svolto completamente, con esempi esplicativi.

Dalla [23] si ha:

$$\frac{2 \varepsilon H + H \operatorname{tg} \beta}{2} = R_{max} \quad [24]$$

$$\frac{2 \varepsilon H - H \operatorname{tg} \beta}{2} = R_o \quad [25]$$

La scelta della costante β della molla va fatta tenendo conto del ritmo che si vuole ottenere, come risulta dal calcolo dei tempi svolti nel citato articolo: « Meccanica delle armi automatiche ».

Si ricorda ancora l'influenza della sporgenza del percussore fisso nelle armi con chiusura a massa, influenza che è simile all'anticipo di accensione dei motori a scoppio.

LA LEGGE DEL MOTO DELLA MASSA RINCULANTE DURANTE LA DEFLAGRAZIONE
DELLA CARICA DI LANCIO

Attualmente misure di tempi brevissimi vengono fatte, come ho accennato nel precedente articolo, con apparecchiature moderne e certamente più precise e sensibili del vecchio cronografo Le Boulanger. Alcuni perfezionamenti possono essere apportati al vecchio cronografo, come risulta dalla nota annessa a questo studio, ma siamo ben lontani, dal poter misurare la durata di detonazione di una cassula fulminante ed anche tempi meno brevi. Potendo disporre di un oscillogramma si potrebbe studiare il moto della massa rinculante di un'arma automatica durante la deflagrazione della carica e ciò soddisferebbe quella naturale curiosità che è, poi, la ricerca della realtà fisica.

Non ci resta che il calcolo matematico, che, se non altro, metterà in evidenza quali complessità analitiche può generare una semplice molla di ricupero. Una equazione del genere è stata risolta dal gen. A. Mattei prescindendo dagli attriti e valendosi di una variabile ausiliaria (1). Seguiremo un procedimento lievemente diverso.

Anzitutto dobbiamo scegliere una espressione analitica della pressione in funzione del tempo. Possiamo quindi scegliere la formula del Vallier

$$P = \bar{P} e^{\left[\frac{t}{\bar{t}} e^{-\frac{t}{\bar{t}}} \right]} \quad [26]$$

dove $\bar{P}$ è la pressione massima,

e la base dei logaritmi neperiani,

$\bar{t}$ il tempo corrispondente alla pressione massima,

t il tempo corrente.

Per comodità del lettore riportiamo nel seguito una tabella che fornisce i valori di $\frac{t}{\bar{t}} e^{1-\frac{t}{\bar{t}}}$ in funzione di $\frac{t}{\bar{t}}$

L'equazione del moto è:

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} = \Omega \bar{P} e^{\left[\frac{t}{\bar{t}} e^{-\frac{t}{\bar{t}}} \right]} - (R_0 + \beta x) - f G \quad [27]$$

e, ponendo:

(1) Rivista di Art. e Genio: Gen. A. MATTEI, *Della meccanica delle spolette*, Supplemento al fascicolo di dicembre 1929.

$$\frac{\Omega \bar{P} e}{M} = \gamma; \quad \frac{1}{t} = \delta; \quad \frac{R_0 - f G}{M} = S_0; \quad \frac{\beta}{M} = K^2$$

si ha :

$$\frac{d^2 x}{d t^2} + K^2 x = \gamma \delta t e^{-\delta t} - S_0 \quad [28]$$

La soluzione dell'equazione omogenea, già più volte incontrata,

$$\frac{d^2 x}{d t^2} + K^2 x = 0 \quad [29]$$

è

$$x = C_1 \cos Kt + C_2 \sin Kt \quad [30]$$

Col metodo della variazione delle costanti possiamo quindi trovare i valori di C_1 e C_2 che soddisfano la [28].

Si ha :

$$\left. \begin{aligned} \cos Kt \frac{d C_1}{d t} - \sin Kt \frac{d C_2}{d t} &= 0 \\ \frac{d \cos Kt}{d t} \cdot \frac{d C_1}{d t} + \frac{d \sin Kt}{d t} \cdot \frac{d C_2}{d t} &= \gamma \delta t e^{-\delta t} - S_0 \end{aligned} \right\} \quad [31]$$

da cui :

$$\left. \begin{aligned} \frac{d C_1}{d t} &= -\operatorname{tg} Kt \frac{d C_2}{d t} \\ \frac{d C_2}{d t} &= -\frac{\cos Kt}{\sin Kt} \cdot \frac{d C_1}{d t} \end{aligned} \right\} \quad [32]$$

Si ha quindi :

$$C_1 = -\frac{S_0}{K^2} \cos Kt - \frac{\gamma \delta}{K} \int t \sin Kt e^{-\delta t} dt + c_1 \quad [33]$$

$$C_2 = \frac{\delta \gamma}{K} \int t e^{-\delta t} \cos K t dt - \frac{S_0}{\Lambda^2} \sin K t + c_2 \quad [34]$$

ed anche:

$$C_1 = -\frac{S_0}{K^2} \cos K t - \frac{\gamma \delta}{K} \int t dB_1 + c_1 \quad [33^{bis}]$$

$$C_2 = \frac{\gamma \delta}{K} \int t dB_2 - \frac{S_0}{K^2} \sin K t + c_2 \quad [34^{bis}]$$

I due integrali $\int t dB_1$ e $\int t dB_2$ possono essere calcolati per parti:

Si ha:

$$\int t dB_1 = t B_1 - \int B_1 dt$$

$$\int t dB_2 = t B_2 - \int B_2 dt$$

quindi:

$$B_1 = \int e^{-\delta t} \sin K t dt = -\frac{K \cos K t + \delta \sin K t}{K^2 + \delta^2} e^{-\delta t} \quad [35]$$

$$B_2 = \int e^{-\delta t} \cos K t dt = \frac{K \sin K t - \delta \cos K t}{K^2 + \delta^2} e^{-\delta t} \quad [36]$$

Occorre ancora calcolare i due integrali $\int B_1 dt$ e $\int B_2 dt$.

Con un facile sviluppo si ha:

$$\int B_1 dt = -\frac{K}{K^2 + \delta^2} B_2 - \frac{\delta}{K^2 + \delta^2} B_1 \quad [37]$$

$$\int B_2 dt = \frac{K}{K^2 + \delta^2} B_1 - \frac{\delta}{K^2 + \delta^2} B_2 \quad [38]$$

Quindi sostituendo:

$$C_1 = -\frac{S_0}{K^2} \cos Kt - \frac{\gamma \delta}{K} \left[t B_1 + \frac{K}{K^2 + \delta^2} B_2 + \frac{\delta}{K^2 + \delta^2} B_1 \right] + c_1 \quad [39]$$

$$C_2 = -\frac{\gamma \delta}{K} \left[t B_2 - \frac{K}{K^2 + \delta^2} B_1 + \frac{\delta}{K^2 + \delta^2} B_2 \right] - \frac{S_0}{K^2} \sin Kt + c_2 \quad [40]$$

I valori di C_1 e C_2 sostituiti nella [30] danno:

$$x = c_1 \cos Kt - \frac{\gamma \delta}{K} \left[t B_1 + \frac{K}{K^2 + \delta^2} B_2 + \frac{\delta}{K^2 + \delta^2} B_1 \right] \cos Kt + \left. \begin{aligned} &+ c_2 \sin Kt + \frac{\gamma \delta}{K} \left[t B_2 - \frac{K}{K^2 + \delta^2} B_1 + \frac{\delta}{K^2 + \delta^2} B_2 \right] \sin Kt - \frac{S_0}{K^2} \end{aligned} \right\} \quad [41]$$

Ora notiamo che:

$$-\frac{\gamma \delta}{K} t \cos Kt B_1 + \frac{\gamma \delta}{K} t \sin Kt B_2 = \frac{\gamma \delta t e^{-\gamma t}}{K^2 + \delta^2}$$

Inoltre:

$$\begin{aligned} \frac{\gamma \delta}{K} \left[-\frac{K \sin Kt}{K^2 + \delta^2} B_1 + \frac{\delta \sin Kt}{K^2 + \delta^2} B_2 - \frac{K \cos Kt}{K^2 + \delta^2} B_2 - \frac{\delta \cos Kt}{K^2 + \delta^2} B_1 \right] = \\ = \frac{2 \delta^2 \gamma e^{-\gamma t}}{(K^2 + \delta^2)^2} \end{aligned}$$

quindi la [41] si semplifica:

$$x = c_1 \cos Kt + c_2 \sin Kt - \frac{S_0}{K^2} + \frac{\gamma \delta t e^{-\gamma t}}{K^2 + \delta^2} + \frac{2 \delta^2 \gamma e^{-\gamma t}}{(K^2 + \delta^2)^2} \quad [41^{bis}]$$

Per $t = 0$ x deve essere nullo, quindi:

$$c_1 = \frac{S_0}{K^2} - \frac{2 \delta^2 \gamma}{(K^2 + \delta^2)^2} \quad [42]$$

E, indicando, per brevità, con ρ_0 la costante $\frac{\delta}{K^2 + \delta^2}$ si ha:

$$c_1 = \frac{S_0}{K^2} - 2 \gamma \rho_0^2 \quad [42^{bis}]$$

La [41 bis] diventa :

$$x = c_1 \cos K t + c_2 \sin K t - \frac{S_0}{K^2} + \rho_0 \gamma e^{-\delta t} (t + 2 \rho_0) \quad [41^{ter}]$$

Per avere il valore di c_2 basta eguagliare a zero il valore della velocità e quindi della derivata di x rispetto a t . Si ha :

$$w = \frac{dx}{dt} = K (c_2 \cos K t - c_1 \sin K t) + \rho_0 \gamma e^{-\delta t} (1 - \delta t - 2 \delta \rho_0) \quad [43]$$

da cui :

$$c_2 = \frac{\rho_0 \gamma (2 \rho_0 \delta - 1)}{K} \quad [44]$$

Appare chiaro che nel periodo di rinculo considerato l'azione della molla è minima e prevalente l'influenza della pressione dei gas sulla testa dell'otturatore, per cui senza grave errore si può trascurare l'azione della molla o introdurre nella equazione del moto un valore medio costante di tutte le resistenze (molla più attrito).

Tralascio tale calcolo, che non offre alcuna difficoltà analitica. Non ritengo che sia esaurito così l'argomento.

Abbiamo solo tentato una teoria elementare.

Per accennare alla vastità dei problemi tecnici e scientifici connessi con la meccanica delle armi automatiche, citerò lo studio meccanico delle vibrazioni, il comportamento delle molle alle sollecitazioni dinamiche, lo studio della cartuccia, il problema della deformazione delle canne, il bilanciamento durante il tiro delle armi automatiche. Si tratta di ricerche che richiedono attrezzature sperimentali moderne e costose, passione di studio, capacità di tecnici. Nel secolo della fisica nucleare i mezzi per l'indagine scientifica, in tutti i campi della tecnica, subiscono continue e sostanziali trasformazioni e perfezionamenti. Ciò che ieri sembrava un punto di arrivo è invece oggi l'inizio di nuove ricerche. Chi vive quotidianamente nella lavorazione delle armi della fanteria non può dimenticare che il nostro Paese fu alla testa di tutti, quando fu introdotto in servizio il nostro glorioso e ancora efficiente fucile mod. 91.

TABELLA dei valori di $\frac{t}{t} e^{1-\frac{t}{t}}$ in funzione di $\frac{t}{t}$

$\frac{t}{t}$	$\frac{t}{t} e^{1-\frac{t}{t}}$
0	0
0,1	0,246
0,25	0,529
0,50	0,824
0,75	0,964
1,00	1,000
1,25	0,983
1,50	0,917
1,75	0,830
2,00	0,736
2,25	0,646
2,50	0,559
2,75	0,477
3,00	0,406
3,25	0,344
3,50	0,290
3,75	0,242
4,00	0,200
4,50	0,137
5,00	0,091
5,50	0,062
6,00	0,044
6,50	0,027
7,00	0,017
7,50	0,010
8,00	0,0073

Deformazioni delle canne nel moschetto automatico cal. 9

MILES

L'argomento più generale della deformazione o scoppio delle canne delle armi portatili (da guerra e da caccia) estenderebbe di molto i limiti del problema, per investire, in maniera generale, tutte le ricerche che possono essere effettuate, ad esempio, in sede di perizie giudiziarie.

Ricerche sperimentali effettuate hanno dimostrato, ad esempio, che in un fucile da caccia (semiautomatico) la presenza di un certo numero di pallini nella canna determina lo scoppio della canna stessa, a partire da un determinato peso di pallini.

Così pure sono note le avarie (deformazioni o scoppi) delle canne dei fucili a ripetizione ordinaria, dovute ad ostruzione delle canne stesse e conseguenti forti aumenti delle pressioni interne ed effetti di urto. Si hanno rigonfiamenti delle canne o scoppi delle canne stesse ed avarie al congegno di chiusura. In gran parte tali avarie, spesso con ferimento del tiratore, sono dovute a cattivo impiego delle armi e quindi all'utente stesso. E' infatti evidente che un buon tiratore esaminerà accuratamente la canna del fucile prima di iniziare il tiro. Durante il tiro, il mancato o deficiente rinculo, è indice di un colpo irregolare ed in tal caso un buon tiratore esaminerà la canna della sua arma prima di continuare il tiro. I mezzi per disostruire una canna sono noti e non è qui il caso di parlarne, ma, per quanto sia ovvio, devo ricordare che l'uso di bacchette e martelli, per estrarre dalle canne pallottole che vi sono rimaste incastrate, è assolutamente da evitare.

Come ho accennato, l'avvertenza è superflua per chi ha le nozioni elementari di tale lavoro. Purtroppo la pratica professionale mi ha fatto constatare che spesso, da parte di incompetenti, viene praticato tale sistema, che porta quasi sempre alla rovina totale della canna. La martellatura è un'azione dinamica, alla quale il piombo delle pallottole reagisce in maniera particolare, come si vedrà nel seguito di questa ricerca.

Premesso quanto sopra esposto, limiteremo il problema alle deformazioni della canna, dovute alla presenza di una pallottola nella canna stessa. Nelle armi automatiche, durante una raffica, è possibile che la carica di lancio di una cartuccia abbia una combustione parziale. Conseguentemente,

l'andamento del diagramma spazi-pressioni sarà irregolare ed insufficiente agli effetti balistici: la pallottola, pur iniziando il suo moto, si arresterà nella canna più vicino alla culatta o alla volata, secondo la pressione realizzata dalla carica di lancio.

Le cause che determinano la parziale combustione della carica, prescindendo dalla manomissione delle cartucce, sono varie: indicheremo le principali:

- a) cattiva conservazione della cartuccia (ad esempio tenuta per molto tempo in olio lubrificante);
- b) difetto di allestimento dovuto a funzionamento anormale delle macchine dosatrici;
- c) innescamento deficiente;
- d) trasudamento delle piastrelline di balistite e susseguente incollamento dei grani.

Ad ogni modo, arrestata la pallottola nella canna, si hanno due casi:

a) il rinculo della massa ricolante non permette l'introduzione della nuova cartuccia: in tal caso il tiratore *deve ispezionare la canna prima di introdurre la nuova cartuccia*;

b) il rinculo della massa ricolante permette l'introduzione della nuova cartuccia.

La nuova cartuccia, funzionando regolarmente, permetterà lo sparo dell'arma a canna ostruita, con le conseguenze che analizzeremo.

Dobbiamo distinguere ancora due casi:

— la pallottola è ferma in canna ad una distanza dalla culatta superiore alla fine della combustione normale della carica di lancio;

— la pallottola è ferma in canna ad una distanza dalla culatta inferiore alla fine della combustione normale della carica di lancio.

Prima di indagare teoricamente e sperimentalmente le particolarità del fenomeno dello sparo a canna ostruita, accenniamo ad una teoria che l'esperienza, come vedremo in seguito, ha dimostrato assolutamente falsa.

Secondo tale erronea teoria la cartuccia successiva, funzionando regolarmente, manda avanti la sua pallottola, la quale, avanzando, creerebbe, tra sè e la pallottola ferma, un cuscinetto di aria di volume decrescente, ma a pressione rapidamente crescente, fino ad ottenere l'espulsione della pallottola ferma.

L'effetto pneumatico del cuscinetto di aria che, all'istante della espulsione, si ridurrebbe ad un velo lenticolare ad elevata pressione, provocherebbe la deformazione permanente della canna immediatamente presso la poppa della pallottola ferma.

Notiamo che la pallottola avanzante verso quella ferma dovrebbe, secondo la teoria suesposta, agire come lo stantuffo di una pompa a perfetta tenuta; cosa che non si realizza nelle armi perchè il diametro massimo delle pallottole

è inferiore al diametro delle canne sul fondo delle righe. Notiamo ancora che sulla testa della pallottola avanzante si produrrebbe una contropressione che tenderebbe ad arrestarla. Inoltre si tratterebbe di una trasformazione adiabatica. Per l'aria si avrebbe il rapporto $K = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$. Per cui, indicando con p_1 la pressione iniziale tra le due pallottole e cioè la pressione atmosferica, con p_2 quella finale, con Ω la sezione retta dell'arma, con s_1 e s_2 le distanze iniziali e finali delle due pallottole, si avrebbe:

$$p_2 = p_1 \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^{1,4} \quad [1]$$

Nel caso di un moschetto automatico cal. 9 con pallottola ferma a 25 cm. dall'inizio delle righe, cioè a 25 cm. dalla seconda pallottola in sede di caricamento, si raggiungerebbero le seguenti pressioni:

a 2 millimetri di distanza tra le due pallottole $P = \text{Kg/cm}^2$. 863

a 1 millimetro di distanza tra le due pallottole $P = \text{Kg/cm}^2$. 1436.

A tale ultima distanza sul fondello della pallottola ferma agirebbe una forza di Kg. 901,8 e cioè tale da espellerla certamente. In conclusione le due pallottole uscirebbero separatamente dall'arma.

L'esperienza realizzata con un moschetto automatico cal. 9, con pallottola ferma in canna a 244 mm. dall'inizio delle righe, dimostra (fig. 1) che ciò non si verifica.

L'esperienza effettuata con un moschetto mod. 38/A conferma, invece, che si ha urto tra le due pallottole, con penetrazione della pallottola avanzante in quella ferma.

La fig. 2 mostra la stessa pallottola indicata a fig. 1, sezionata. Dalla fotografia appare chiaro che l'incamiciatura delle due pallottole è intatta.

La canna dopo il tiro presentava un sensibile rigonfiamento, anche sulle fibre esterne, con inizio di lesione longitudinale, in corrispondenza della posizione in cui si trovava la poppa della pallottola ferma, schiacciamento totale della rigatura nel tratto interessato. Esperienze analoghe, effettuate con moschetti mod. 42 e 44, davano analoghi risultati: rigonfiamento della canna, *senza rottura*, in corrispondenza della posizione in cui si trovava la poppa della pallottola ferma, schiacciamento totale della rigatura nel tratto interessato.

E' noto che la fine combustione nel moschetto 38/A è presso la bocca dell'arma, per cui, nel caso in esame, la pallottola ferma si troverà sempre in un punto in cui la combustione della carica di lancio non è ultimata.

Effetto pneumatico. — Per avere una conferma sperimentale che l'aria compressa non può produrre il rigonfiamento della canna, si è eseguita la seguente esperienza: introdotta a forzamento nella canna di un moschetto

automatico una pallottola di ottone massiccio a teste piatte, si è sparato un colpo con una cartuccia munita di pallottola pure di ottone massiccio a teste piatte. Il diametro delle due pallottole era esattamente quello del fondo riga. Dopo lo sparo la pallottola ferma è stata espulsa, quella avanzante si è

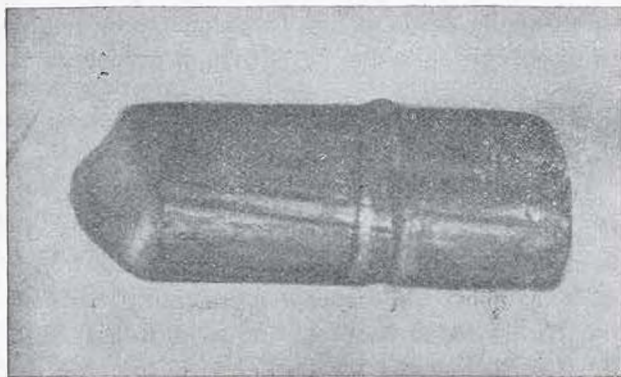


Fig. 1. — Pallottole recuperate dopo il tiro.



Fig. 2. — Le stesse pallottole sezionate.

fermata nel punto in cui era la pallottola ferma. Nessuna avaria alla canna ed alla rigatura. La pallottola rimasta in canna non presentava alcun segno di urto.

Deformazione della canna. — La pallottola avanzante agisce a guisa di cuneo. I proiettili sono incamiciati completamente, ad eccezione della zona posteriore. In essa la penetrazione della pallottola avanzante è agevole e, come è noto dalle leggi del cuneo, si generano delle pressioni sulle facce laterali

del cuneo (ogiva) che producono un rigonfiamento nella poppa della pallottola ferma, con conseguente deformazione anulare permanente della canna.

L'ulteriore svolgersi della combustione della carica di lancio fornisce ancora sufficiente energia affinché, le due pallottole, ormai fuse in una sola, trafileandosi oltre la zona anulare deformata, possano uscire dalla canna.

Occorre notare che la pallottola ferma, oltre all'azione di frenamento dovuta al fatto di trovarsi incastrata nelle righe, ha una notevole inerzia. Alla accelerazione comunicatagli dinamicamente dalla pallottola urtante reagisce nel punto di contatto delle due pallottole con una forza di inerzia (volta in senso contrario al moto della pallottola avanzante) pari alla massa per l'accelerazione stessa. E' chiaro che il « rifollamento » del piombo è massimo in tale punto.

Risulta pertanto confermato che le deformazioni delle canne sono dovute ad urto, quindi ad effetto meccanico e non pneumatico.

Nel caso generale di un'arma portatile qualsiasi possiamo dedurre quanto segue.

Se la pallottola è ferma ad una distanza dalla culatta superiore alla fine della combustione normale della carica di lancio, la seconda pallottola avanzante urterà la pallottola ferma (urto centrale anelastico), ma potrà anche non fuoriuscire dalla canna. La deformazione o scoppio della canna si avrà, in genere, anche in questo caso perchè, come si vedrà nel seguito, il solo sforzo dovuto alla energia cinetica della pallottola urtante raggiunge valori tali (per velocità di impatto anche non molto elevate) da esigere, per l'equilibrio delle forze in gioco, carichi elastici praticamente irrealizzabili.

Se la pallottola è ferma ad una distanza dalla culatta inferiore alla fine della combustione, la deformazione o lo scoppio della canna, si avranno a seconda della quantità di gas e della velocità della reazione esplosiva, sviluppati dalla carica di lancio, dopo l'urto delle due pallottole e cioè secondo che la pressione, determinatasi in un volume quasi invariabile, sia tale da sollecitare la canna oltre il limite di snervamento od oltre il carico di rottura.

E' noto che la fine combustione nel moschetto automatico cal. 9 è presso la bocca dell'arma, pertanto possiamo immaginare quale sarà il diagramma spazi-pressione nel caso di un tiro con una pallottola ferma in canna.

L'andamento del diagramma sarà normale fino all'urto delle due pallottole; in tal punto si avrà una discontinuità nel diagramma e, supponendo già superato il punto di pressione massimo, si avrà bruscamente un arresto della fase declinante del diagramma di pressione. Inizierà con forte pendenza una nuova fase ascendente, che avrà il suo culmine (nuovo massimo) corrispondentemente allo snervamento della canna, per poi declinare verso la bocca dell'arma.

E' anche evidente che la canna, a causa dell'azione di cuneo della pallottola avanzante sarà sollecitata tra il carico di snervamento e quello di rottura.

Teoria elementare della deformazione. — Per poter effettuare una analisi matematica del fenomeno, sia pure grossolanamente approssimata, ci occorre la legge di schiacciamento della pallottola. Tale legge, per il caso considerato può essere rappresentata da :

$$R = K_0 + Kx \quad [2]$$

La [2] non può avere pretese di grande esattezza : è stata determinata sperimentalmente, mediante la macchina a trazione, ma, analogamente al procedimento di taratura dei cilindretti di rame per le misure di pressione, è tale da permettere di « rivestire di formule » il fenomeno, in modo da ottenere almeno le « unità di misura » e farsi una idea, abbastanza prossima alla realtà, delle grandezze fisiche (tempi, sforzi, velocità, pressioni). Inoltre la trattazione matematica permette di « vedere » attraverso il modello meccanico che ne deriva il susseguirsi dei fatti fisici. Ciò può portare a conclusioni utili nei riguardi dell'allestimento delle canne ed in particolare al tipo di acciaio più idoneo. Quanto sopra è in relazione al fatto che il fenomeno del rigonfiamento delle canne si è verificato nel moschetto automatico ed anche nella pistola automatica, con una discreta frequenza, specie per l'impiego di cartucce residue. Intendo qui accennare ad un fatto che esula dalla trattazione tecnica del fenomeno, ma che riveste una grande importanza pratica : la fiducia che deve avere nell'arma chi la impiega e soprattutto che non si diffonda la convinzione che il soldato abbia tra le mani una canna... di burro.

Supporremo che lo sforzo che determina lo schiacciamento delle due pallottole, schiacciamento che riduce in totale l'altezza delle due pallottole per 5 millimetri, si mantenga costante per tutta la durata dello schiacciamento (funzionamento dinamico) e cioè che la pressione si sviluppi tanto rapidamente che il suo valore sia sempre pari a quello massimo, sin dall'inizio della sua azione.

E' questa una approssimazione che può essere accettata, perchè è noto che la reazione dei corpi materiali ai fenomeni dinamici è tarda, perchè l'inerzia dei corpi stessi è notevole. D'altra parte una trattazione elementare riesce più accessibile e schematizza meglio il fenomeno.

Schiacciamento delle pallottole. — Esaminiamo, per ora, un caso particolare : quando la pallottola ferma si trova subito dopo la sua posizione normale di caricamento e cioè a contatto, con la sua poppa, con la pallottola della nuova cartuccia introdotta. Consideriamo inoltre il periodo, brevissimo, in cui si ha equilibrio tra pressione dei gas e resistenza delle due pallottole allo schiacciamento. Sappiamo inoltre che lo schiacciamento totale delle due pallottole è di mm. 5. Tenendo conto delle considerazioni fatte, l'equazione del moto, similmente a quanto vien fatto nella teoria del cruser, può essere scritta :

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F - (K_o + K x) \quad [3]$$

essendo $\overline{F} = P \Omega$ lo sforzo, considerato costante e istantaneo, $\overline{m}$ la massa della pallottola avanzante, $K_o + K x = \overline{R}$ la resistenza che oppongono le pallottole allo schiacciamento.

I valori numerici, che si riferiscono al moschetto automatico cal. 9, sono:

peso pallottola Kg. 0,00737,

$m =$ Kg. 0,00075166 (Kg./m./sec²)

$K_o =$ Kg. 130,3

$K =$ Kg. 58635

$x =$ schiacciamento in metri.

Dividendo per $\overline{m}$ e ponendo

$$\frac{K_o}{m} = K_o'; \quad \frac{K}{m} = K'; \quad \frac{F}{m} = F'; \quad F' - K_o' = R'$$

la [3] diventa:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + K' x = R' \quad [4]$$

L'integrale generale di questa equazione differenziale (equazione armonica) è la somma dell'integrale generale della [4] resa omogenea, e cioè eguagliata a zero, più l'integrale particolare $\frac{R'}{K'}$ come è facile verificare.

Si ha:

$$x = \frac{R'}{K'} + A \cos \sqrt{K'} t + B \sin \sqrt{K'} t \quad [5]$$

I valori di A e B si possono ottenere, considerando i limiti. Per $t = 0$ si ha $x = 0$ quindi:

$$A = - \frac{R'}{K'} \quad [6]$$

Derivando la [5] si ha:

$$\frac{dx}{dt} = - A \sqrt{K'} \sin \sqrt{K'} t + B \sqrt{K'} \cos \sqrt{K'} t \quad [7]$$

Per $t = 0$ in generale $\frac{dx}{dt} = v$ (velocità di impatto delle due pallottole).

Nel caso invece che le due pallottole siano a contatto, quando la seconda cartuccia è in sede di caricamento, $\frac{dx}{dt} = 0$

In quest'ultimo caso $B = 0$ e la [5] diventa:

$$x = -\frac{R'}{K'} (1 - \cos \sqrt{K'} t) \quad [5^{bis}]$$

Sempre in questo caso lo schiacciamento totale delle due pallottole (5 mm.) si avrà per il valore massimo della [5-bis] e cioè per

$$\sqrt{K'} F_0 = \pi$$

$$\text{e cioè per } T_0 = \frac{\pi}{\sqrt{K'}}$$

$$\text{ora } K' = \frac{K}{m} = \frac{58635}{0,00075166}$$

quindi:

$$\log \pi = 0,4971498$$

$$\frac{1}{2} \text{colog. } K' = \overline{4,0539322}$$

$$\log T_0 = \overline{4,5510820}$$

$$T_0 = 0'',00035...$$

La durata dello schiacciamento (urto anelastico) è brevissima. L'ordine di grandezza è il decimillesimo di secondo:

Sempre in questo caso la [5 bis], indicando con $\bar{x}$ lo schiacciamento totale, diventa:

$$\bar{x} = 2 \frac{R'}{K'} = 2 \frac{F - K_0}{K}$$

da cui:

$$F = P \Omega = K_0 + K \frac{\bar{x}}{2}$$

Questo risultato è noto dalla teoria del crusher:

« La pressione è uguale alla forza di taratura che corrisponde ad uno schiacciamento metà di quello misurato » (funzionamento dinamico).

Nel caso del moschetto automatico si avrebbe :

$$F = Kg. 276,9$$

e cioè :

$$P = Kg/cm^2 440$$

Il lavoro consumato dai gas della carica di lancio per lo schiacciamento totale delle due pallottole, è ovviamente in tale caso

$$F \cdot \bar{x} = \sim 1,4 \text{ Kgm.}$$

Calcoliamo le velocità e le accelerazioni di schiacciamento in tale periodo.

Derivando la [5 bis] si ha :

$$\frac{dx}{dt} = V = \frac{R'}{\sqrt{K'}} \text{ sen } \sqrt{K'} t \quad [7^{bis}]$$

Per $t = 0$, v è nulla, ed è anche nulla per $t = T_0 = 0'',00035$.

Per $\sqrt{K'} t = \frac{\pi}{2}$ ha il valore massimo di V . Si ha cioè tale valore per un tempo metà della durata totale determinata, e cioè per

$$T_1 = 0'',000175. \text{ Ricordando che } K' = \frac{F - K_0}{m} \text{ si ha :}$$

$$\log. (F - K_0) = 2,1661340$$

$$\text{colog. } m = 3,1239786$$

$$\frac{1}{2} \text{ colog. } K' = 4,0539322$$

$$\log \bar{v} = 1,3440448$$

$$\bar{v} = m/s 22,0$$

Derivando ancora la [7 bis] si ha :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = a = R' \cos \sqrt{K'} t \quad [8]$$

per $t = 0$, l'accelerazione è pari ai K' e cioè $a \simeq \text{m/sec}^2 \text{ } 195030$

per $\sqrt{K'} t = -\frac{\pi}{2}$ si ha $a = \text{zero}$

per $\sqrt{K'} t = \pi$

e cioè per $T_0 = 0,00035$,

l'accelerazione è negativa e pari a $-\text{m/sec}^2 \text{ } 195030$.

Il caso più generale è quello in cui la pallottola ferma si trova in un punto qualsiasi della canna e che la canna stessa sia sollecitata, nel senso radiale, dall'azione di cuneo o di « rifollamento » del piombo delle due pallottole. Anche qui scriveremo una relazione di equilibrio tra pressione dei gas e resistenze, intendendo per resistenze lo sforzo che oppongono le due pallottole allo schiacciamento, più lo sforzo che oppone la zona anulare interessata della canna alla deformazione elastica. E' ovvio che rotto tale equilibrio, per azione della pressione dei gas sulla poppa della pallottola urtante e della energia cinetica della pallottola stessa, la canna resterà deformata permanentemente.

La zona anulare interessata della canna è quella che interessa la poppa della pallottola ferma e l'ogiva della pallottola urtante, zona, grosso modo, dell'altezza di 3 mm.

Sappiamo che la resistenza elastica massima alla pressione interna è data dalla relazione

$$P_i = \frac{3}{2} \delta (y - 1) \quad [9]$$

dove P_i è la pressione massima tollerabile, per esempio, in Kg/cm^2 ,

δ è il carico elastico pure in Kg/cm^2 ,

y una funzione dei raggi esterno e interno della canna dato dalla relazione:

$$y - 1 = \frac{\frac{r_e^2}{r_i^2} - 1}{2 \frac{r_e^2}{r_i^2} + 1} \quad [10]$$

essendo r_e il raggio esterno,

r_i il raggio interno.

In conclusione, stabilita la zona della canna interessata, è bene individuata la pressione massima P_i che può essere sopportata.

La superficie cilindrica interessata σ sarà pertanto:

$$2 \pi r_i h$$

essendo h l'altezza, che nel caso in esame abbiamo stabilita di mm. 3. Stabilito pure $r_i = \text{mm. } 4,4$, avremo $\sigma = \text{cm}^2 \text{ } 0,83196$.

Il carico al limite elastico, in genere, non è indicato nei listini delle ditte produttrici.

Possiamo ritenere che un acciaio con un carico di rottura $60 \div 70 \text{ Kg/mm}^2$ con un allungamento superiore a 12, abbia, al massimo, un carico al limite di snervamento $E \simeq 50 \text{ Kg/mm}^2$. Dobbiamo però notare che quando un tale acciaio lavora al limite indicato, è già deformato permanentemente.

Stabiliremo per r_e due valori, che corrispondono alle esperienze già citate e che si riferiscono al moschetto 38/A ed al moschetto 38/44 e cioè porremo nel primo caso $r_e = \text{mm. } 8$ e nel secondo $r_e = \text{mm. } 10$. Avremo quindi nel primo caso $y - 1 = 0,3012$ e nel secondo $y - 1 = 0,3673$. Procedendo ancora si avrà nel primo caso $P_i \simeq 2260 \text{ Kg/cm}^2$ e nel secondo $P_i \simeq 2750 \text{ Kg/cm}^2$. Considerando quindi la superficie cilindrica interessata, e cioè $\sigma = \text{cm}^2 \text{ } 0,83196$ avremo nel primo caso uno sforzo totale $P_i \sigma = \text{Kg. } 1880$ e nel secondo $P_i \sigma = \text{Kg. } 2288$.

Dobbiamo notare però che le formule fornite dalla teoria generale di elasticità, per la resistenza dei cilindri alle pressioni interne, danno, in genere, delle pressioni massime ammissibili più moderate di quelle che possono sopportare le armi. Ciò è ben noto ai fabbricanti di fucili da caccia, che producono canne di spessori molto esigui rispetto alle pressioni massime ammesse dalle formule della teoria stessa. In una nota annessa (III) riportiamo un esempio esplicativo:

L'equazione di equilibrio, nel caso generale considerato, è

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = P\Omega - P_i \sigma - K_o - Kx \quad [11]$$

e indicando con

$$R' \text{ la quantità } \frac{P\Omega - P_i \sigma - K_o}{m}$$

e con

$$K' \text{ la quantità } \frac{K}{m}$$

la [11] si può scrivere

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + K' x = R' \quad [12]$$

identica alla [4].

La soluzione della [12] è quindi analoga alla [5]

$$x = \frac{R'}{K'} - \frac{R'}{K'} \cos \sqrt{K'} t + B \sin \sqrt{K'} t$$

Derivando la [5] si ha :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{R'}{\sqrt{K'}} \sin \sqrt{K'} t + B \sqrt{K'} \cos \sqrt{K'} t \quad [7]$$

per $t=0$ $\frac{dx}{dt} = v$ (velocità di impatto delle due pallottole), quindi :

$$B = \frac{v}{\sqrt{K'}} \quad [13]$$

La [5] e la [7] diventano rispettivamente :

$$x = \frac{R'}{K'} - \frac{R'}{K'} \cos \sqrt{K'} t + \frac{v}{\sqrt{K'}} \sin \sqrt{K'} t \quad [14]$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{R'}{\sqrt{K'}} \sin \sqrt{K'} t + v \cos \sqrt{K'} t \quad [15]$$

Derivando ancora, si ha :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = R' \cos \sqrt{K'} t - v \sqrt{K'} \sin \sqrt{K'} t \quad [16]$$

La prima derivata della [5] e cioè la [7] è positiva nel campo $\sqrt{K'} t = 0 \div \frac{\pi}{2}$; per $\sqrt{K'} t = \pi$ è negativa, quindi la [5] ammette un massimo per $\sqrt{K'}$ compreso tra $\frac{\pi}{2}$ e π .

Dalla seconda derivata si può dedurre che la concavità della [5] è rivolta verso le ordinate positive all'origine, per $\sqrt{K'} t = \arctan \frac{R'}{v \sqrt{K'}}$ si ha un flesso, per $\sqrt{K'} t = \frac{\pi}{2}$ la concavità è rivolta verso le ordinate negative.

Il valore massimo della [5] si ha per $\frac{dx}{dt} = 0$ e cioè:

$$\frac{v \sqrt{K'}}{R'} = - \operatorname{tang} \sqrt{K'} T_o = \operatorname{tang} (\pi - \sqrt{K'} T_o) \quad [17]$$

e cioè:

$$\left. \begin{aligned} T_o &= \frac{1}{\sqrt{K'}} \left(\pi - \operatorname{arc tang} \frac{v \sqrt{K'}}{R'} \right) = \\ &= \frac{1}{\sqrt{K'}} \left(\pi - \operatorname{arc sen} \frac{v \sqrt{K'}}{\sqrt{R'^2 + v^2 K'}} \right) \end{aligned} \right\} \quad [18]$$

La durata di schiacciamento quando $R' = 0$ e cioè quando lo sforzo $P\Omega$ dei gas della carica di lancio avrà fatto equilibrio alla resistenza $P_i \sigma$ della canna più la resistenza *elastica* (K_o) delle due pallottole allo schiacciamento, è pertanto

$$T_o' = \frac{1}{\sqrt{K'}} \left(\pi - \frac{\pi}{2} \right) = \frac{\pi}{2 \sqrt{K'}} = 0''.000175 \quad [19]$$

pari alla metà di quella calcolata nel caso precedente.

Il valore massimo della [5] sarà pertanto:

$$\bar{x} = \frac{R'}{K'} - \frac{R'}{K'} \cos \sqrt{K'} T_o - \frac{v}{\sqrt{K'}} \operatorname{sen} \sqrt{K'} T_o \quad [20]$$

Ora, con facili passaggi, si ricava:

$$\operatorname{sen} \sqrt{K'} T_o = \frac{v \sqrt{K'}}{\sqrt{R'^2 + v^2 K'}}; \quad \cos \sqrt{K'} T_o = - \frac{R'}{\sqrt{R'^2 + v^2 K'}}$$

Quindi, per lo schiacciamento totale $\bar{x}$, si avrà:

$$\bar{x} = \frac{R'}{K'} - \frac{\sqrt{R'^2 + v^2 K'}}{K'} \quad [21]$$

da cui si ha:

$$P\Omega = P_i \sigma + K_o + K \frac{\bar{x}}{2} - \frac{m v^2}{2 \bar{x}} \quad [22]$$

La [22] è una relazione di equilibrio: infatti basta portare al primo membro il termine $\frac{m v^2}{2 x}$ e si ha:

« Lo sforzo dovuto alla pressione dei gas della carica di lancio più lo sforzo dovuto all'energia cinetica della pallottola urtante $\frac{m v^2}{2 x}$, fa equilibrio alla resistenza massima della canna $P_1 \sigma$ più la resistenza delle due pallottole allo schiacciamento totale ». Superato tale limite si ha la deformazione permanente della canna.

La velocità di schiacciamento iniziale è v (velocità di impatto delle due pallottole), quella finale per $t = T_0$ è:

$$\left(\frac{d x}{d t} \right)_{t=T_0} = \frac{v R'}{\sqrt{R'^2 + v^2 K'}} - \frac{v R'}{\sqrt{R'^2 + v^2 K'}} = 0$$

La velocità massima di schiacciamento si avrà eguagliando a zero la [16] e cioè per:

$$T^1 = \frac{1}{\sqrt{K'}} \arctan \frac{R'}{v \sqrt{K'}} = \frac{1}{\sqrt{K'}} \arcsen \frac{R'}{\sqrt{R'^2 + v^2 K'}} \quad [23]$$

Sostituendo tale valore nella [15] si ha:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{R'^2 + v^2 K'}{K'}} \quad [24]$$

dove $\bar{v}$ è la velocità massima di schiacciamento, mentre v è la velocità di impatto delle due pallottole.

L'accelerazione iniziale si ha per $t = 0$ ed è pari ad R' .

Per $t = T_0$ si ha l'accelerazione finale

$$(a)_{t=T_0} = \sqrt{R'^2 + v^2 K'} \quad [25]$$

Superato l'equilibrio dinamico stabilito dalla [22] lo sviluppo dei gas avviene a volume costante, quindi in capacità invariabile. Sappiamo dalla pirostatica che le pressioni in capacità invariabile sono date dalla

$$P = f \gamma, q \quad [26]$$

dove i simboli sono noti ai cultori di balistica interna.

Con l'ausilio delle curve delle pressioni e delle velocità, in funzione degli spazi allegate a questo studio appare chiaramente che impiegando acciai con carichi elastici più elevati, per esempio $\varepsilon = 100 \text{ Kg/mm}^2$, il valore di $P_1 \sigma$ invece di avere il valore di Kg. 2.288 dell'esempio assumerebbe il valore di Kg. 4.560 circa. Considerando una velocità di impatto delle due pallottole di m/s 350, il solo termine $\frac{mv^2}{2x}$ avrebbe già un valore di più di 9.000 Kg.

In tale caso è noto che acciai con fortissimo carico elastico hanno un carico di rottura che si scosta di poco da quest'ultimo e pertanto si avrebbe lo scoppio della canna con tutte le conseguenze che sono prevedibili.

La conclusione è che conviene impiegare nell'allestimento delle canne del moschetto automatico in argomento, acciai con modesto carico di elasticità, sufficiente alle normali sollecitazioni di tiro, ma con lungo tratto extraelastico, prima di giungere al carico di rottura.

La trattazione svolta conferma quanto già sperimentalmente accertato dagli autori Bach e Bauman (*Teorie, prove e applicazioni tecniche della elasticità e resistenza dei materiali*, edito da U. Hoepli nel 1928, pag. 618):

« I risultati sperimentali mostrano distintamente che per la prova d'un materiale dal quale si devono ricavare corpi cavi molto sollecitati, come per esempio canne da fucile, le esperienze di trazione, per lo più eseguite su saggi longitudinali non sono adatte, bensì che in tali casi soltanto le prove dell'allargamento con mandrino... permettono di farsi la necessaria idea sulla bontà del materiale ».

I due autori si riferiscono a prove su anelli cavi nei quali veniva introdotta una spina conica (mandrino) di acciaio temperato, con carichi crescenti.

Occorre ancora fare una considerazione. Un tiratore attento e provetto può in generale evitare che la canna del suo moschetto automatico si deformi, perchè è ben difficile che un colpo anomalo che lascia la pallottola in canna riesca a riarmare l'otturatore portando in chiusura una nuova cartuccia, ma, se nell'orgasmo del combattimento ravvicinato, il tiratore riarma l'otturatore per continuare il tiro, si avrebbe la deformazione anulare della canna, ma il tiro potrebbe continuare senza altro inconveniente, perchè, come ha ampiamente dimostrato l'esperienza, canne deformate per rigonfiamento, hanno continuato a sparare senza alcun apprezzabile inconveniente. L'inconveniente si manifesta nel tiro con la pistola automatica a canna fissa, perchè il carrello d'armamento non riesce più a scorrere.

Un'ultima curiosità meccanica è il fatto che sforzi così elevati nelle canne, con conseguenti forti aumenti delle pressioni interne, non riescano ad aprire l'otturatore spinto da una molla con carichi modesti prima della deformazione della canna con carichi enormemente più elevati.

La spiegazione del fenomeno, senza ricorrere a complicati calcoli matematici, sta sempre nell'inerzia notevole dei corpi materiali e quindi dell'otturatore, ed al fatto che tali corpi sono tardi a reagire alle sollecitazioni dinamiche.

La durata del rinculo di un otturatore è dell'ordine di grandezza del decimo di secondo mentre la durata dello schiacciamento totale delle pallottole e della deformazione della canna è mille volte più piccola.

NOTE

I - CURVA DELLE PRESSIONI E VELOCITÀ

Allo scopo di poter effettuare calcoli di larga massima, con la teoria innanzi esposta, allego la curva delle pressioni e velocità in funzioni dello spazio, per l'arma considerata.

Le curve P e v sono state ricavate per punti, col metodo empirico di Leduc. Mediante la nota formula di balistica interna:

$$v = \frac{\Omega T}{m} (y - y_0)$$

Si sarebbe potuto calcolare i valori di $(y - y_0)$ e quindi di $(q - q_0)$ in funzione degli spazi, per ottenere dopo l'arresto delle due pallottole la frazione di carica combusta e quindi la pressione in capacità invariabile. Ho ritenuto superfluo tale calcolo, perchè è facile immaginare che l'aumento di pressione sarà certamente notevole e rapidissimo, ed anche perchè i valori di P e v forniti dal diagramma allegato sono semplicemente indicativi e cioè grossolanamente approssimati. Per il calcolo dei valori

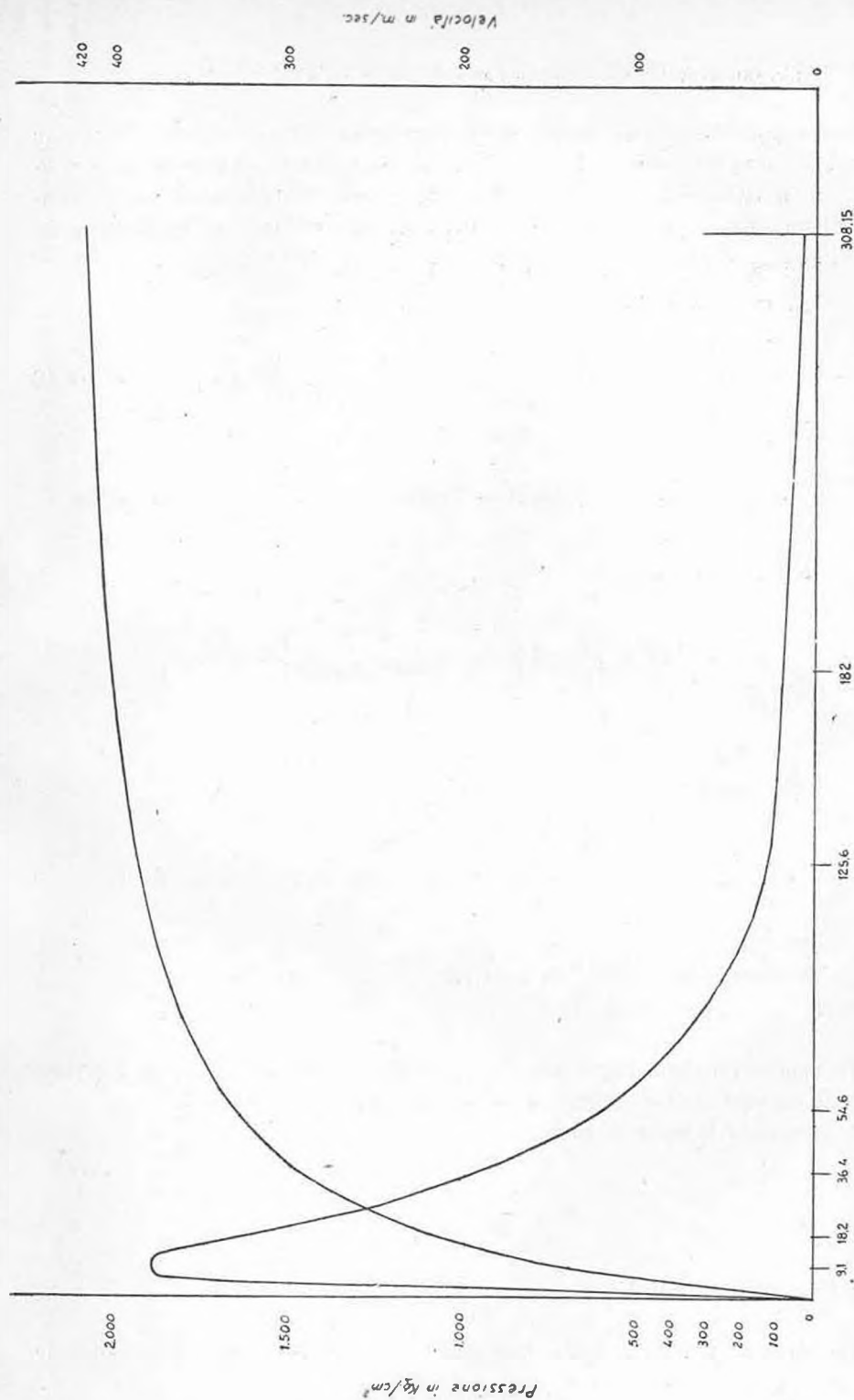
$$v = \frac{a s}{b + s} \text{ e } P = \frac{27}{4} \frac{b^2 s}{(b + s)^3} \bar{P}$$

ammettendo

$$V_0 = 420 \text{ m/s} \quad \text{e} \quad \bar{P} = 1900 \text{ Kg/cm}^2$$

i valori di

$$a \text{ e } b \quad \text{sono} \quad a = 445 \quad b = 0,0182.$$



Curva delle pressioni e velocità nel moschetto automatico cal. 9.

II - DILATAZIONI ELASTICHE DELLA CANNA PER EFFETTO DELLA PRESSIONE

Per avere una visione esatta della grandezza delle dilatazioni *elastiche* che subisce una canna per effetto delle pressioni (ordine di grandezza il centesimo di millimetro) abbiamo effettuato il calcolo della dilatazione tangenziale di una ipotetica canna del diametro esterno di mm. 16 ed interno di mm. 8,80 sollecitata da $\bar{P} = 17 \text{ Kg/mm}^2$ oppure da $\bar{P} = 32 \text{ Kg/mm}^2$.

a) $\bar{P} = 17 \text{ Kg/mm}^2$.

$$\xi_t = \frac{2}{3 E \left(\frac{\gamma_e^2}{\gamma_i^2} - 1 \right)} \left[P_t \left(2 \frac{\gamma_e^2}{\gamma_i^2} + 1 \right) \right] = \frac{2}{3 \cdot 21000 \cdot 2,3055} \left[17 \times 7,611 \right] = \sim 0,0018$$

$$\frac{\gamma - \gamma_o}{\gamma_o} = 0,0018 \quad \gamma = 4,4 (1 + 0,0018) = 4,08 \quad d = \text{mm. } 8,616$$

b) $\bar{P} = 32 \text{ Kg/mm}^2$.

$$\xi_t = \frac{2}{3 E \left(\frac{\gamma_e^2}{\gamma_i^2} - 1 \right)} \left[P_t \left(2 \frac{\gamma_e^2}{\gamma_i^2} + 1 \right) \right] = \frac{2}{3 \cdot 21000 \cdot 2,3055} \left[32 \times 7,611 \right] = 0,0033$$

$$\gamma = 4,4 (1 + 0,0033) = 4,414.$$

$$d = \text{mm. } 8,828.$$

III - CALCOLO DELLA PRESSIONE MASSIMA IN UN FUCILE DA CACCIA CAL. 12

$$\left. \begin{array}{l} \text{Raggio esterno mm. 15} \\ \text{Raggio interno mm. 10,35} \\ \text{Spessore mm. 4,65} \end{array} \right\} \text{ in culatta}$$

In genere l'acciaio impiegato ha un carico di rottura di $\sim 60 \text{ Kg/mm}^2$ e quindi un carico di elasticità di $\sim 20 \text{ Kg/mm}^2$.

Impiegando la nota formula:

$$P = \frac{3}{2} \delta (y - 1)$$

si ha $P = \text{Kg/cm}^2 \text{ } 634,3$.

Il collaudo presso il banco nazionale di prova è eseguito sottoponendo

le canne ad una pressione massima di 900 Kg/cm^2 , pressione che, secondo la formula impiegata, dovrebbe deformare permanentemente la canna.

Invece lo scoppio o la deformazione delle canne in seguito alla prova forzata avviene su una piccola percentuale delle canne stesse e sempre per difetti di materiale o per deficiente spessore (foratura eccentrica).

La ragione del fenomeno, molto probabilmente, è dovuta al fatto che la teoria generale di elasticità prescinde dalla durata del fenomeno, essendo una trattazione essenzialmente statica, che non tiene alcun conto delle accelerazioni che nel fenomeno dello sparo sono invece rilevanti.

Sagome bersaglio radiocomandate per addestramento al tiro controcarro

Magg. del genio MICHELE TUMBARELLO

PREMESSA.

Il tiro controcarri è caratterizzato, com'è noto, da *prontezza d'intervento* unita ad *elevata precisione*, risultati questi raggiungibili solo attraverso un realistico addestramento.

E' pertanto indispensabile, in sede di addestramento, creare condizioni d'impiego simili a quelle che si verificano sul campo di battaglia, attrezzando i poligoni di tiro con speciali bersagli che, nel caso ideale, possono essere autentici « carri » radiocomandati, modelli di « carro », oppure ove prevalgano ragioni di economia, sagome bersaglio mobili o a comparsa telecomandata.

Con le sagome a comparsa si possono ottenere risultati soddisfacenti quando impiegate in buon numero e disseminate in ampio settore e profondità.

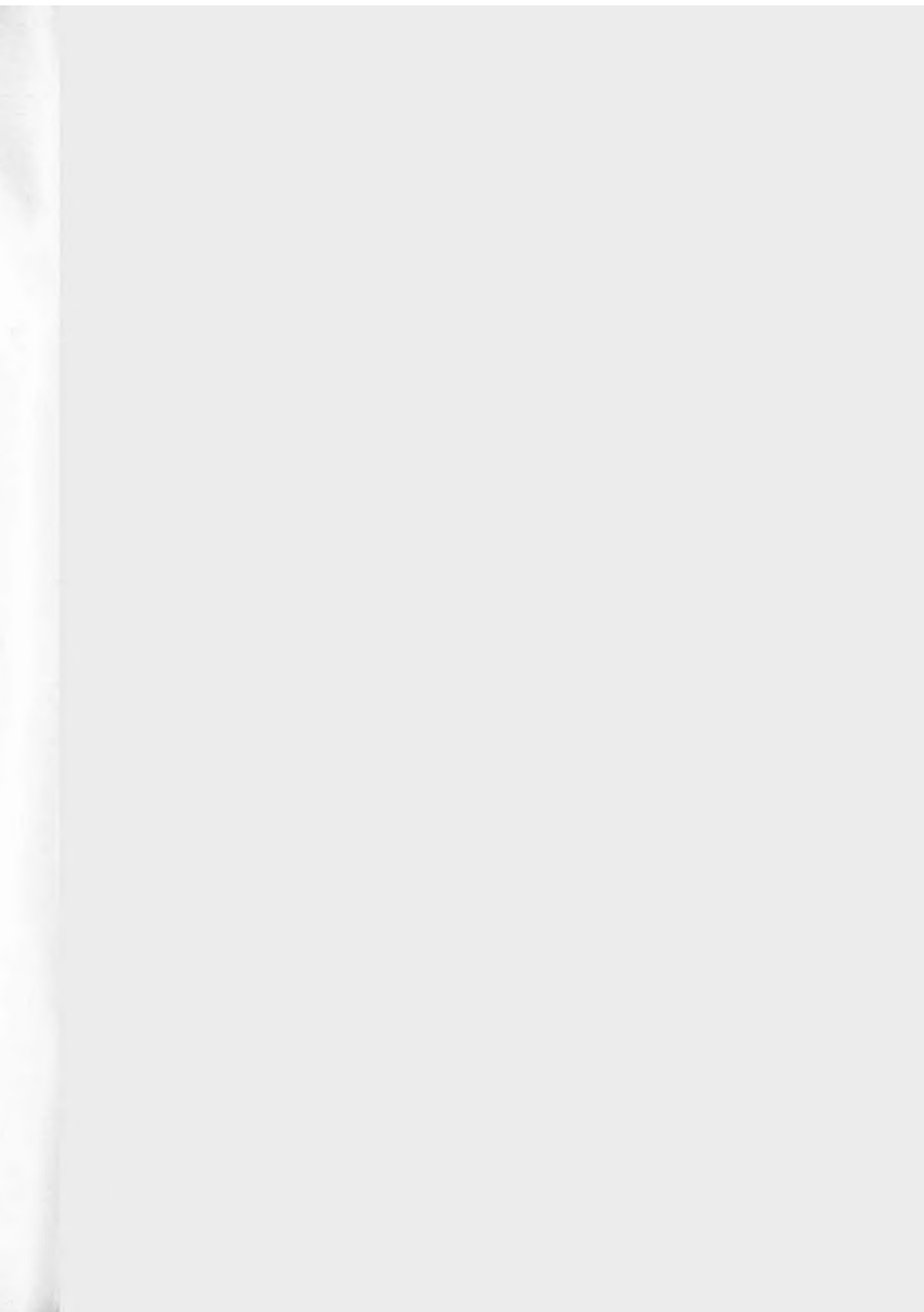
Per il telecontrollo delle sagome possono venire impiegati circuiti a filo oppure radiocontrolli.

Il radiocontrollo, anche se più complesso, è da ritenersi più pratico del telecontrollo utilizzando circuiti a filo in quanto con il primo sistema è possibile controllare con un solo trasmettitore più bersagli dislocati in punti diversi (dislocazione che può subire di volta in volta mutamenti), senza dover stendere ogni volta una linea che, tra l'altro, potrebbe venir danneggiata dal tiro.

Il sistema studiato contempla un radiotrasmettitore pluricanale (dieci canali in gamma 50 Mc) capace di controllare indipendentemente dieci bersagli. Ogni bersaglio è dotato di un minuscolo ricevitore impiegante un tubo elettronico subminiatura, alimentato con batteria di pile a secco.

Il telecontrollo permette:

- la comparsa della sagoma bersaglio;
- l'annullamento della stessa mediante caduta, a comando, di una tendina colorata anteriormente alla sagoma.





La descrizione che segue si riferisce ad esemplari realizzati per l'addestramento di un reggimento d'artiglieria controcarri.

Sagoma bersaglio.

La sagoma bersaglio è costituita da un telaio in legno ricoperto di tela juta. Essa riproduce schematicamente la vista frontale di un carro medio.

La sagoma può ruotare attorno a un asse passante per la sua parte inferiore.

Allo scopo viene utilizzato un supporto oscillante in tubo d'acciaio, fulcrato agli estremi ed opportunamente contrappesato, che permette la rotazione della sagoma di 90° (fig. 1).

La sagoma normalmente è trattenuta in posizione orizzontale dal dispositivo di sgancio radiocontrollato.

La ricezione della portante, emessa dal trasmettitore, provoca il funzionamento del relé di sgancio e quindi la liberazione della sagoma.

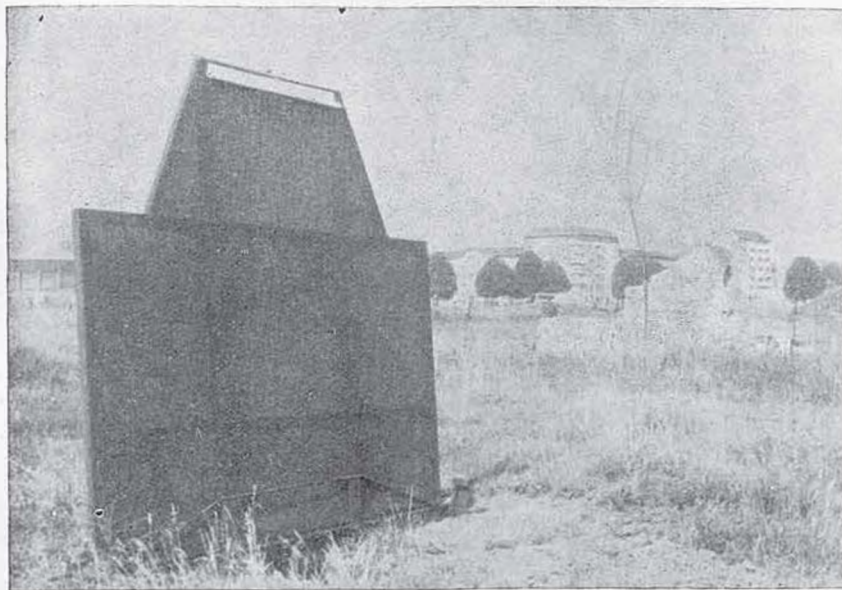


Fig. 2 - Sagoma verticale con tendina arrotolata.

La preponderanza del contrappeso fa ruotare la sagoma di 90° e permette quindi la sua comparsa (fig. 2).

La sagoma, sulla sua parte superiore, porta arrotolata una tendina di annullamento.

La tendina viene fatta cadere, a comando, dallo sgancio di un secondo relé solidale al telaio tubolare di sopporto (fig. 3).

Il relé entra in funzione, dopo che la sagoma si è portata in posizione verticale, quando viene tolta la portante al trasmettitore.

I supporti in cui alloggianno i perni del telaio oscillante, sono costituiti da due cuscinetti in bronzo, che vanno ad alloggiarsi in sedi appositamente ricavate nei due picchetti metallici di sopporto.

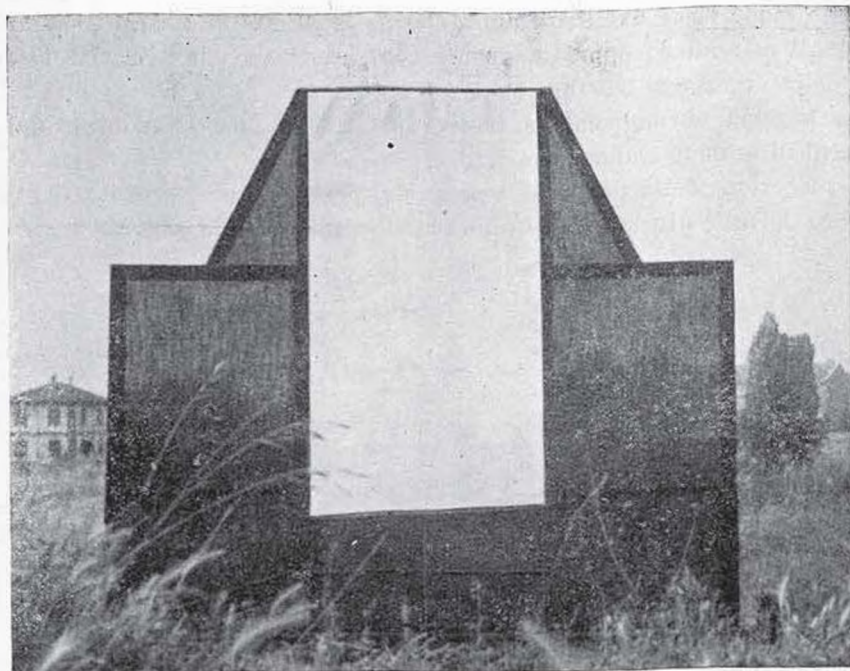


Fig. 3 - Sagoma annullata.

Il contrappeso, il cui braccio di leva può variare, è costituito da tre piastre del peso di 20 kg. ciascuna.

Il telaio in legno della sagoma viene investito tra le staffe ad U, solidali al supporto tubolare (fig. 4).

Per mettere in opera la sagoma è necessario procedere allo scavo di una buca delle dimensioni di m. 0,60 x 1,20, profonda m. 0,70, che permette la rotazione del contrappeso.

Vengono quindi piantati i due picchetti, come illustrato nello schema di fig. 5, nel quale sono anche segnate le buche che servono a contenere la cassetta del relé sgancio-sagoma e quella del ricevitore.

Il telaio oscillante, privo di contrappesi, viene posto in opera investendo i due cuscinetti negli appositi alloggiamenti dei picchetti.

Dopo aver montato i contrappesi e aver investito la sagoma è necessario controllare l'equilibrio del complesso: la sagoma deve potersi sollevare lentamente in posizione verticale, senza sottoporre ad eccessivo sforzo di trazione la piastrina impegnata nel cursore del relé di sgancio.

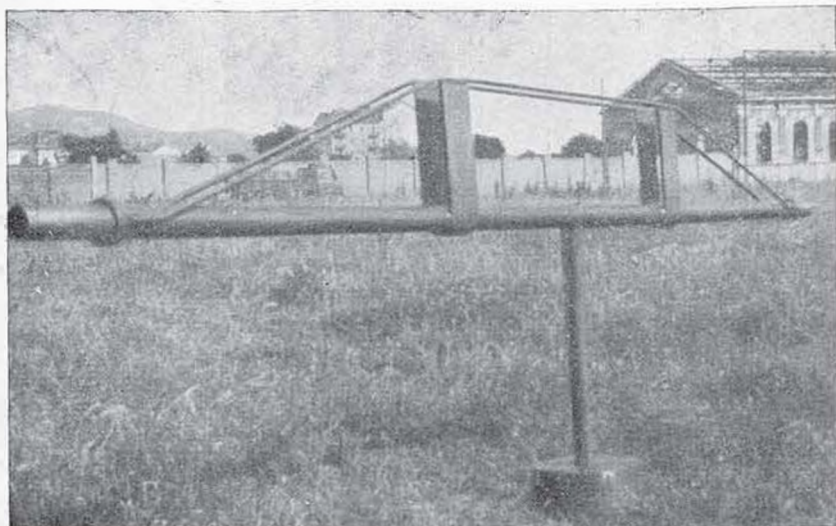


Fig. 4 - Supporto oscillante.

Trasmettitore.

Il trasmettitore di radiocomando è stato progettato tenendo presente i seguenti punti:

- 1) Potenza in giuoco notevolmente superiore al fabbisogno minimo, allo scopo di poter impiegare ricevitori semplici, poco costosi ed avere sicurezza di funzionamento anche nelle condizioni più sfavorevoli.
- 2) Semplicità di circuito, allo scopo di ridurre la probabilità di guasti e laboriose operazioni di taratura.
- 3) Possibilità di passaggio da un canale all'altro mediante semplice manovra a pulsante.

Il circuito, come si può notare dallo schema (Fig. 6), è quello di un oscillatore Hartley con tubi in controfase e pertanto non viene fatto uso nè di stadio pilota, nè di amplificatori *AF*.

I tubi impiegati sono del tipo 807.

SCHEMA D'IMPIANTO SAGOME BERSAGLIO RADIOCOMANDATE

62

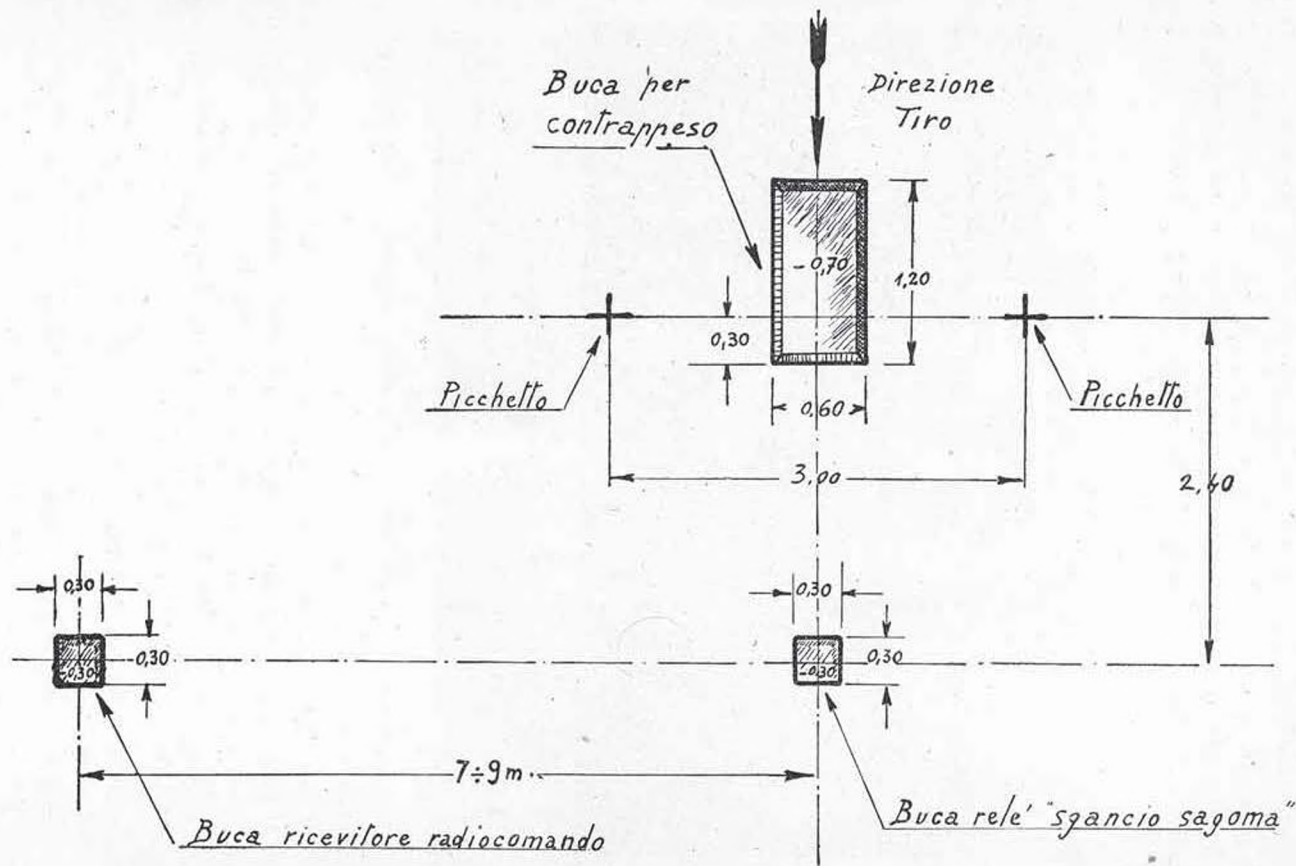


Fig. 5.

RADIOTRASMETTITORE PER RADIOCONTROLLO BERSAGLI

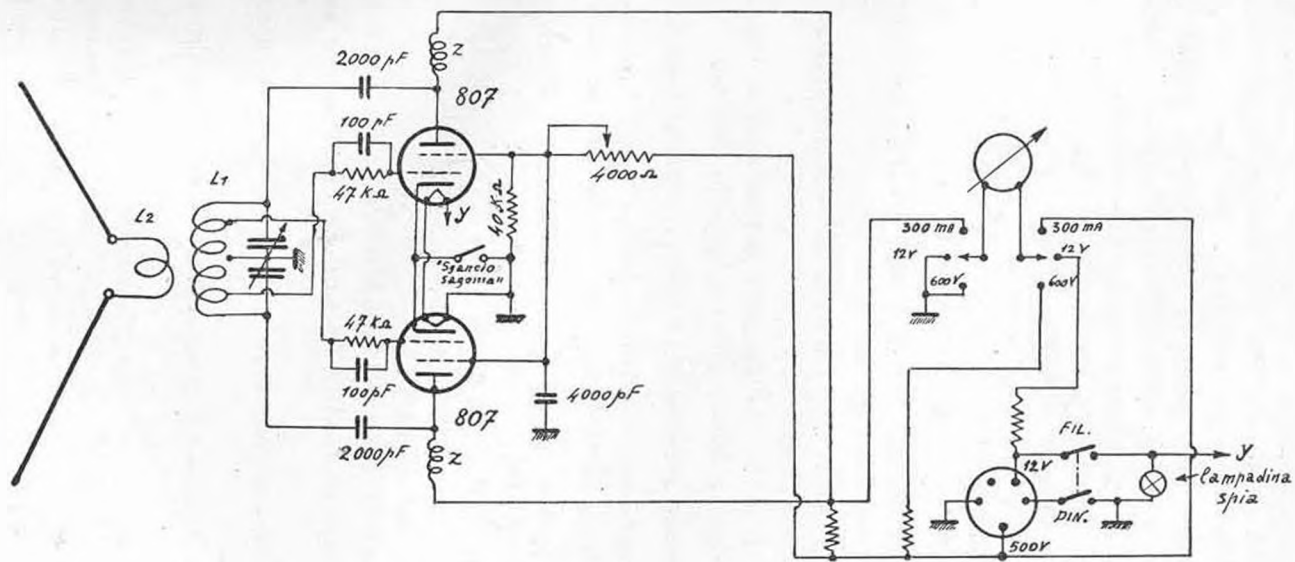


Fig. 6 - Per l'alimentazione del trasmettitore viene fatto uso del «Dinamator»
in dotazione alla stazione SCR 284.

Il passaggio da un canale all'altro è ottenuto meccanicamente utilizzando una tastiera che agisce direttamente sull'albero del condensatore variabile del circuito oscillante.

Il trasmettitore è contenuto in una cassetta metallica il cui coperchio anteriore è tenuto in sito da due chiusure.

Sulla parte superiore è posta la base d'aereo costituita da un blocco isolante cilindrico fisso, che porta agli estremi due parti mobili a ciascuna delle quali è fissato un elemento di antenna cannocchiale.

I due elementi antenna vengono bloccati a mezzo di un galletto in modo da formare una V avente un'apertura, stabilita dalle linee di fede in rosso, di circa 40°. Sfilando gli elementi si ottiene un dipolo alimentato al centro a V detto comunemente « baffo ».

Sul pannello del trasmettitore si trovano:

1) La tastiera con tasti numerati dall'1 al 10, ciascuno corrispondente a un canale. I rimanenti due tasti servono:

— quello centrale, alla chiusura del circuito anodico e quindi alla manovra « sgancio della sagoma »;

— quello di destra, all'apertura del circuito anodico e quindi alla manovra « annullamento della sagoma » (sgancio tendina).

2) L'interruttore generale (in basso) e lampadina spia.

3) Lo strumento con relativo commutatore per il controllo della tensione di alimentazione, di quella anodica e della corrente anodica.

4) Il cavo di alimentazione la cui spina terminale va ad impegnarsi nella presa posta sull'alimentatore.

Le letture normali dello strumento sono:

— tensione alimentazione 12 V;

— tensione anodica 600 V;

— corrente anodica $100 \div 110$ mA (varia da un canale all'altro).

In caso di sovraccarico entra in funzione l'interruttore automatico dell'alimentatore.

L'energia all'alimentatore viene fornita da una batteria di accumulatori da 12 V - 85 Ah.

Per mettere in funzione il trasmettitore è sufficiente agire sull'interruttore generale.

La sua chiusura provoca l'accensione della lampadina spia, dei filamenti dei tubi elettronici e la messa in moto del survoltore ruotante.

Dopo aver premuto il tasto corrispondente al canale sul quale si desidera funzionare, il trasmettitore è predisposto per il funzionamento.

L'abbassamento del tasto « sgancio sagoma » chiude il circuito anodico con conseguente irradiazione di energia a radiofrequenza.

RICEVITORE PER RADIOCONTROLLO BERSAGLI

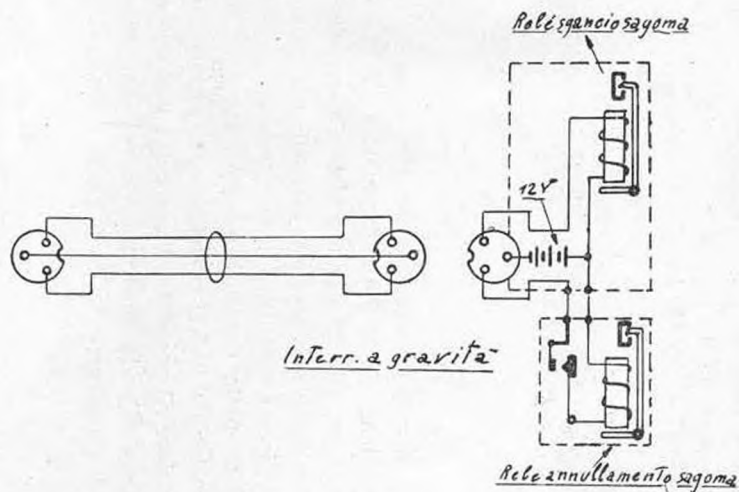
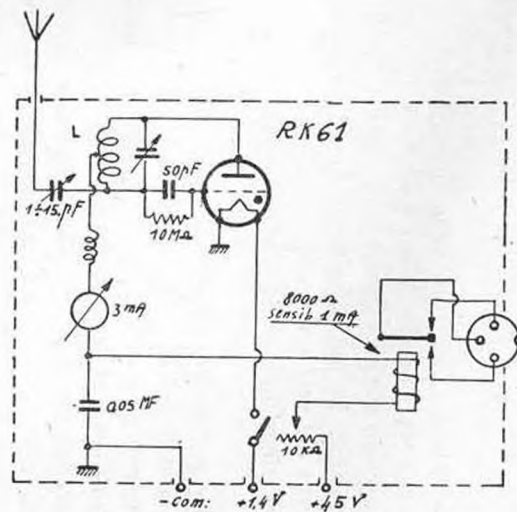


Fig. 7.

Abbassando il tasto « annullamento sagoma » la portante viene interrotta.

L'interruzione avviene anche automaticamente senza agire su detto tasto, ogni qualvolta si passi da un canale a un altro.

Pertanto a ogni cambio di canale è necessario, per « sganciare » la sagoma interessata, premere sul tasto « sgancio sagoma ».

Un controllo dell'emissione del trasmettitore lo si ha dalla lettura dello strumento portando il commutatore relativo in posizione di lettura corrente anodica.

Ricevitore.

Il ricevitore di radiocomando è caratterizzato dalla massima semplicità.

Esso fa uso di un solo tubo elettronico (*RK 61*), del tipo subminiatura ad atmosfera gassosa, montato in circuito a superreazione (fig. 7).

Come risulta dallo schema, sul circuito anodico è inserito un relé deviatore sensibilissimo (sensibilità 1 mA, resistenza 8500 Ω).

La regolazione della corrente anodica normale (1,5 mA) viene fatta a mezzo potenziometro da 10 K Ω posto in serie al circuito anodico.

Con detto valore di corrente, l'ancoretta del relé è attratta.

La ricezione dell'onda portante emessa dal trasmettitore provoca la riduzione brusca della corrente da 1,5 mA a un valore di circa 0,3 mA, ciò provoca il distacco dell'ancoretta.

Il ricevitore è contenuto in una cassetta in ferro verniciata, che custodisce anche le batterie di pile per l'accensione del filamento del tubo (tre pile del tipo torcia da 1,5 V in parallelo) e per la tensione anodica (una pila 63 A 2).

Il comparto delle pile è accessibile dalla parte inferiore della custodia. Nella parte superiore della custodia sono sistemati l'antennina a cannocchiale sfilabile e il coperchio che protegge il pannello del ricevitore (figg. 8 e 9).

Lateralmente, protetta da un chiusino, è la presa per il cavo di collegamento con la cassetta del relé « sgancio sagoma ».

Sul pannello del ricevitore si trovano, incominciando da sinistra in basso:

- l'interruttore per l'accensione del filamento del tubo elettronico la cui chiusura pone in funzione il ricevitore;
- il potenziometro di regolazione della corrente anodica, controllabile a mezzo cacciavite, posto al disopra dell'interruttore;
- un miliamperometro (3 mA fondo scala) per la lettura della corrente anodica, lettura necessaria per le operazioni di taratura;
- il condensatore di sintonia, regolabile a mezzo chiavetta esagonale e cacciavite;

— il compensatore d'accordo d'aereo regolabile come sopra.

Ogni ricevitore porta sul coperchio una targhetta col numero che corrisponde al canale per il quale esso dev'essere tarato.

Per procedere alla taratura dei ricevitori è necessario eseguire nell'ordine le sottoelencate operazioni :

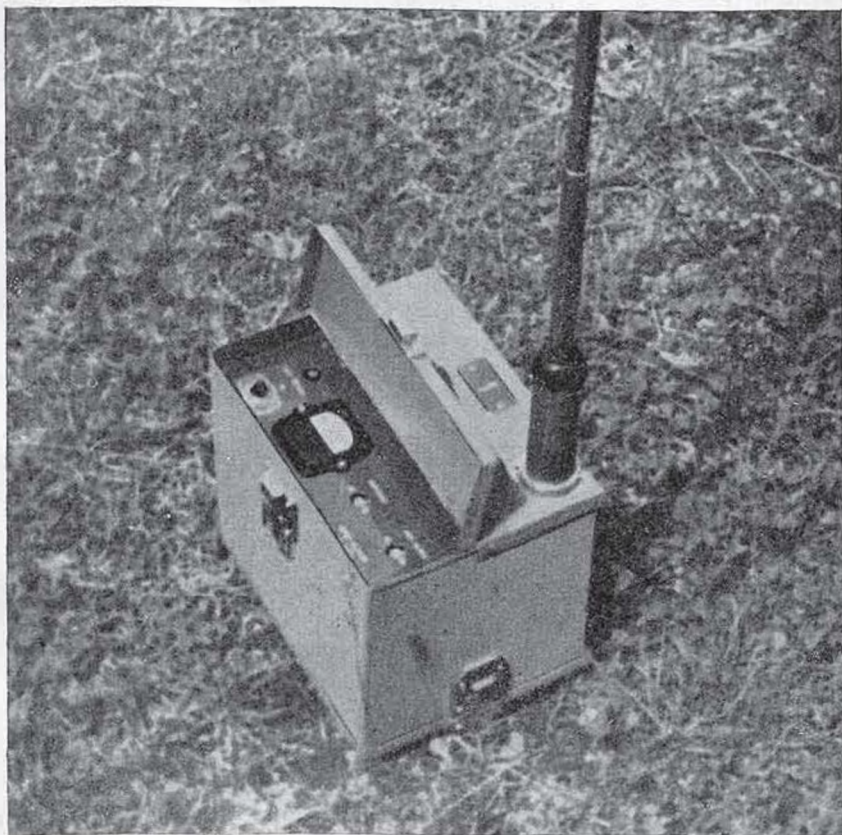


Fig. 8. - Ricevitore di radiocomando.

- 1) mettere in funzione il trasmettitore sul canale corrispondente al numero del ricevitore ;
- 2) disporre il ricevitore ad una distanza di almeno 300 metri dal trasmettitore (meglio sul luogo stesso dell'impiego) ;
- 3) sfilare tutta l'antennina ;
- 4) disporre l'interruttore in posizione acceso (sullo strumento si leggerà il valore della corrente anodica) ;

5) regolare con l'apposita chiavetta in plexi, il compensatore accordo d'aereo in modo da leggere il massimo di corrente, quindi superare il massimo fino a che la corrente non tenda a diminuire (normalmente l'accordo d'aereo non va più ritoccato);

6) regolare il potenziometro in modo da leggere sullo strumento il valore normale della corrente anodica (1,5 mA). Allo scopo, sulla scala dello strumento è tracciata una linea rossa di riferimento;

7) sintonizzare il ricevitore agendo con la chiavetta sul condensatore di sintonia. L'esatta sintonizzazione è indicata dalla brusca caduta verso lo

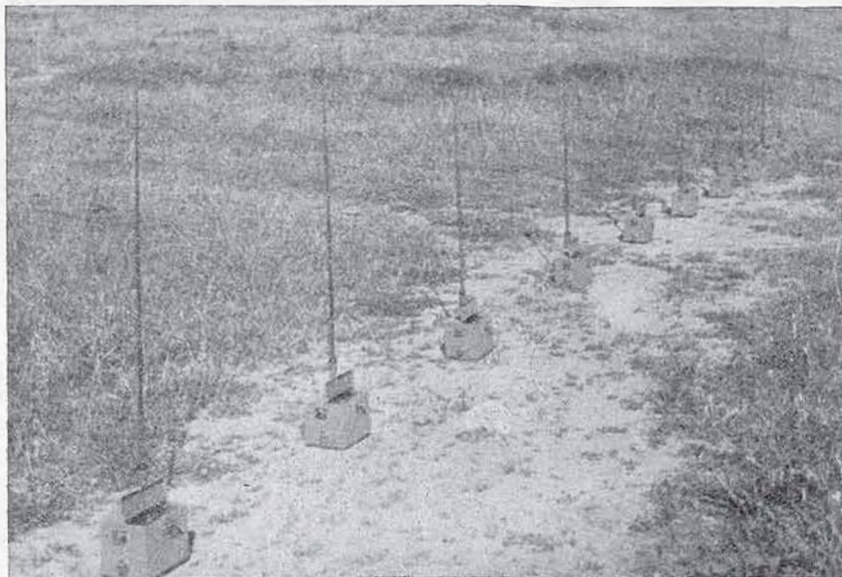


Fig. 9 - Ricevitori durante una fase di messa a punto.

zero dell'indice dello strumento. Regolare in modo da ottenere la lettura minima;

8) togliere la portante al trasmettitore agendo sul pulsante « annullamento sagoma ».

Se dopo detta operazione la corrente anodica del ricevitore torna al valore normale vuol dire che la sintonia è esatta.

Abbassando il tasto « sgancio sagoma » la corrente deve ridursi nuovamente al minimo.

E' necessario porre attenzione sulla possibilità che il tubo entri in auto-oscillazione, in tal caso la corrente anodica cade bruscamente anche senza portante. La pratica permette di non cadere in errore. L'autoscillazione si verifica in caso di errato accordo d'aereo.

Variante al circuito del ricevitore.

Il tubo RK 61, impiegato nel ricevitore di radiocomando, è risultato di difficile e costoso approvvigionamento e, alle prove pratiche, ha dimostrato di avere vita breve.

Quest'ultimo inconveniente è particolarmente grave, ed è stato confermato anche in un articolo comparso sulla rivista americana *Q.S.T.* (Settembre 1951), in quanto la vita del tubo può variare da un minimo di 3 ore a un massimo di 100 ore e, durante il suo progressivo esaurimento, sono necessarie continue regolazioni del circuito.

Allo scopo di eliminare quanto sopra converrà rinunciare all'estrema semplicità del ricevitore descritto per adottare un circuito un po' più complesso, ma impiegante un tubo miniatura della serie normale ad alto vuoto più facilmente reperibile (tubo del tipo 3 A 5) (fig. 10).

La maggiore complicazione circuitale non costituisce grave ostacolo in quanto nel montaggio non si hanno né limitazioni d'ingombro né di peso.

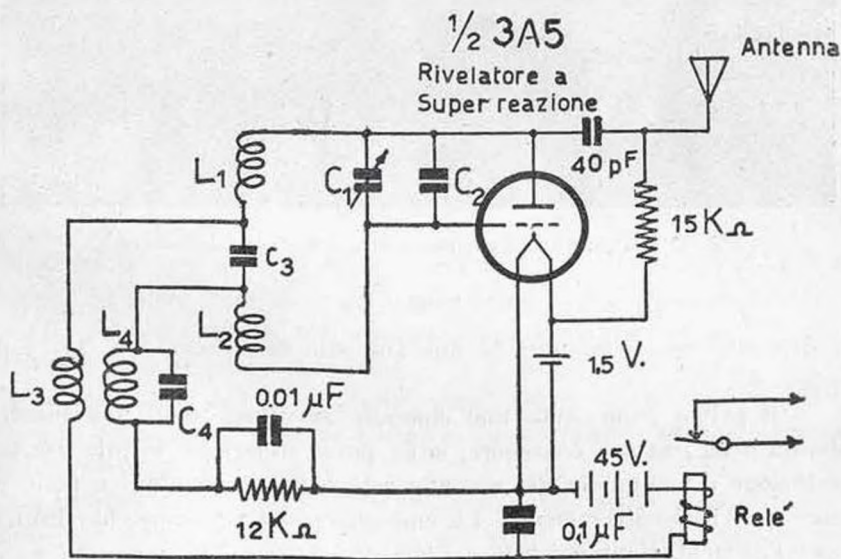


Fig. 10.

Relé « sgancio sagoma » e « sgancio tendina ».

Per mettere in atto i comandi radiotrasmessi è necessario ricorrere all'uso di relé.

I relé impiegati in unione alla sagoma bersaglio sono due :

— relé « sgancio sagoma »: entra in funzione quando il trasmettitore emette la portante. Esso libera la sagoma, che normalmente è trattenuta in posizione orizzontale e permette alla stessa di porsi in posizione verticale;

— relé « sgancio tendina »: funziona quando viene tolta la portante, agendo sul tasto « annullamento sagoma » del trasmettitore.

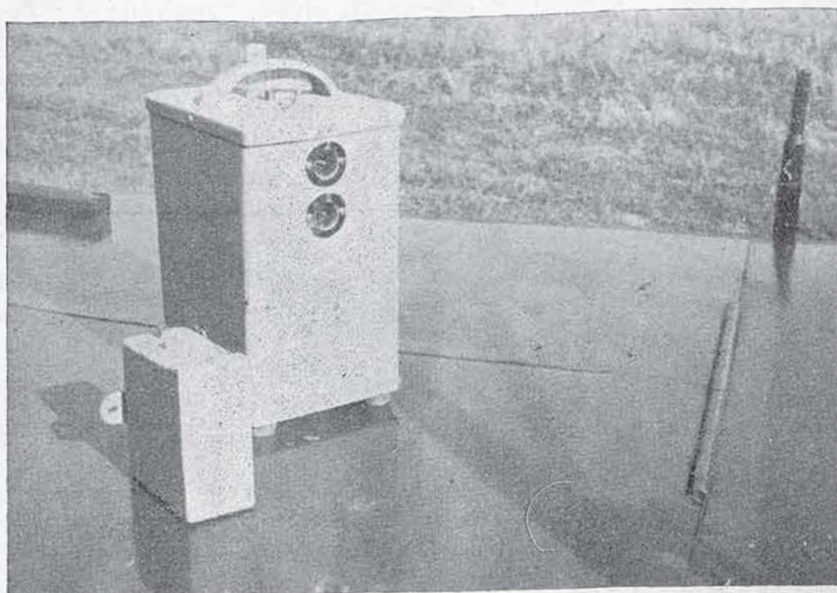


Fig. 11 - Relé sgancio sagome e relé annullamento sagome.

I due relé sono contenuti in due custodie metalliche (fig. 11) e precisamente:

— il primo è posto in una custodia zavorrata (con una piastra di piombo da 5 kg.) atta a contenere, sulla parte superiore, le pile per la sua alimentazione e per quella del secondo relé (sgancio tendina) e nella parte inferiore i cavi di collegamento. La custodia porta sul coperchio l'interruttore per l'alimentazione dei relé e l'imbocco della guida entro cui va a infilarsi il cursore che trattiene la sagoma in sito;

— il secondo è posto in una piccola custodia fissata con due viti al supporto oscillante in tubo d'acciaio.

Nella parte interna del coperchio che chiude la custodia, è sistemato l'interruttore a gravità posto in serie al circuito del relé e la cui funzione è quella d'impedire il funzionamento del dispositivo « sgancio tendina » quando la sagoma è in posizione diversa dalla verticale. Il circuito che interessa i relé è illustrato nello schema del ricevitore.

Per il collegamento tra ricevitore e relé vengono impiegati due cavi:

— un cavo tripolare di m. 10 (cavo *A*) per il collegamento tra ricevitore e relé « sgancio sagoma »;

— un cavo bipolare della lunghezza di m. 4 (cavo *B*) per il collegamento tra custodia relé « sgancio sagoma » e relé « sgancio tendina ».

Impianto e funzionamento.

Per la messa a punto dei ricevitori di radiocomando è necessario poter disporre di una coppia di ricetrasmittitori portatili dislocati rispettivamente presso il trasmettitore e presso le sagome bersaglio.

Scelta la posizione ove dislocare le varie sagome è necessario provvedere allo scavo delle tre buche e alla sistemazione della sagoma come precedentemente descritto.

Dopo aver disposto nelle rispettive buche la cassetta del relé « sgancio sagoma » ed il ricevitore, si procederà all'innesto dei cavi di collegamento tra ricevitore e relé.

Nel frattempo la sagoma rimane in posizione verticale e l'interruttore della cassetta del relé in posizione « spento ».

Si controllerà quindi il funzionamento dei ricevitori canale per canale. Se necessario si ritoccherà solo la sintonia del ricevitore.

Per avere la sicurezza del buon funzionamento è bene dare ordine all'operatore del trasmettitore di abbassare alternativamente i due tasti « sgancio sagoma » e « annullamento sagoma » a intervalli di pochi secondi per tre o quattro volte.

Assicuratisi del corretto funzionamento della parte elettronica di tutti i bersagli, si potrà procedere all'agganciamento delle sagome ai rispettivi relé e alla chiusura dei circuiti relativi, che è ottenuta ponendo gl'interruttori dei relé in posizione « acceso ».

Se le operazioni di messa a punto sono state condotte regolarmente, passando sui diversi canali e agendo ogni volta sul tasto « sgancio sagoma » si potrà far comparire il bersaglio.

Nel passare da un canale all'altro automaticamente viene interrotta la portante per cui il bersaglio precedente viene annullato, contemporaneamente alla comparsa della sagoma seguente.

Per ottenere un veridico effetto è necessario scaglionare a diverse profondità e direzioni le varie sagome.

E' buona norma disporre i ricevitori lontano dalla vegetazione.

Dopo che le sagome sono tutte comparse spegnere subito i relé e i ricevitori. Fatto ciò si potranno riagganciare le varie sagome per una seconda serie di tiri.

Misure dei tempi brevissimi col cronografo Le Boulanger

COMPTON

E' noto che col cronografo Le Boulanger si possono misurare tempi brevissimi. La tabella allegata all'istruzione sul cronografo fornisce i tempi, corrispondenti ad altezze di caduta del pendolo crescenti di decimo in decimo da 0 a 520 millimetri.

I tempi ricavati con la formula $T = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ sono dati fino al milionesimo di secondo.

Nella formula il valore di g è 9,81072, valore medio della gravità nel Belgio.

Attualmente la tecnica moderna fornisce o può fornire cronografi ben più perfezionati e precisi del cronografo Le Boulanger.

Apparecchi con particolari dispositivi (scarica di un condensatore, tubo di Braun, specchio rotante, ecc.) permettono di apprezzare tempi con l'approssimazione 10^{-8} sec. o quasi.

Ciò nonostante il cronografo Le Boulanger può essere ancora utilmente impiegato per la misura delle velocità iniziali di proietti, misura che non richiede una determinazione del tempo spinta fino al centomillesimo di secondo, perchè un errore di un decimillesimo può determinare un errore nella misura della V di solo qualche decimetro al secondo.

Non è così se si vuole essere certi, nella misura del tempo, del valore, ad esempio, del decimillesimo di secondo. Tale valore è generalmente sufficiente nelle normali esperienze sulle armi da fuoco. Ora, prescindendo per ora dal fatto che la formula, da cui è ricavata la tabella del cronografo Le Boulanger, non tiene conto della resistenza che incontra il pendolo a cadere nell'aria, occorre notare che il valore della gravità non è invariabile, ma varia con la latitudine e con la quota. E' noto che la variazione di g con la quota è data da

$$g_h = g_o (1 - 0,00200 h) \quad [1]$$

La variazione di g con la latitudine e la quota è espressa generalmente da:

$$g = 9,8057 (1 - 0,00259 \cos 2 \lambda) (1 - 0,0^{\circ}1964 h) \quad [2]$$

Impiegando, per ora, la formula del movimento nel vuoto

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad [3]$$

determiniamo gli errori dovuti alla variazione di g e quelli dovuti ad una imperfetta misura dell'altezza di caduta H del pendolo supponendo un errore massimo nella misura di H di mm. 0,1. Differenziando logaritmicamente la [3] si ha:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta H}{H} - \frac{\Delta g}{g} \right) \quad [4]$$

Per cui l'errore dovuto ad una variazione di un decimo di millimetro nella misura di H è dato da

$$\Delta T = T \frac{0,1}{2H} \quad [5]$$

mentre l'errore dovuto alla variazione di g , e nel caso specifico ammettendo la gravità locale di m/sec^2 . 9,805 in luogo di 9,81072 (usata per il calcolo della tabella), è data da

$$\Delta T = -T \frac{0,00572}{2g} \quad [6]$$

E' chiaro che l'errore dovuto alla [6] è molto maggiore di quello dovuto alla [5]. Quest'ultimo può essere certamente ridotto con opportuni artifici meccanici ed ottici. I due errori sono di segno opposto, ma possono sommarsi se il valore di H è errato per difetto.

Diamo alcuni esempi: Per $H = 350$ mm. la tabella dà $T = 0'',267114$. La variazione ΔT dovuta alla variazione di gravità $9,81072 - 9,805$ è di $-0'',000077868$ mentre la variazione ΔT dovuta al solo errore di mm. 0,1 nelle misure di H è di $0'',00003816$.

Per $H = 500$ mm. la tabella dà $T = 0'',319262$. La variazione ΔT dovuta alla variazione di gravità precedentemente indicata è di $-0'',00009308$, mentre la variazione ΔT dovuta al solo errore di mm. 0,1 nella misura di H è di $0'',000031926$.

Quindi: nel primo caso la variazione ΔT dovuta al sommarsi dei due errori è di $0'',000116028$ mentre se i due errori si sottraggono la variazione ΔT

è di $0'',000039708$; nel secondo caso si ha rispettivamente $\Delta T = 0'',000125006$ e $\Delta T = 0'',000061054$.

Si può concludere che l'errore dovuto alla variazione di gravità è maggiore dell'errore dovuto ad un eventuale scarto di mm. 0,1 nella misura di H .

L'errore dovuto alla variazione di gravità si può facilmente correggere ricompilando la tabella con i valori della gravità nel luogo in cui si opera, ma, per maggior esattezza e, anche per il fatto che la tabella fornisce i valori di t fino al milionesimo di secondo, terremo conto nel seguito anche della resistenza che incontra il pendolo a cadere nell'aria. Le velocità che raggiunge il pendolo nella caduta sono certamente comprese nel campo della resistenza quadratica per cui la funzione resistente $F(v)$ assume la forma semplice:

$$F(v) = \lambda v^2 \quad [7]$$

essendo λ una costante pari a 0,00012.

L'equazione differenziale del moto di caduta del pendolo è:

$$\frac{dv}{dt} = g - \gamma v^2 \quad \frac{dy}{dt} = v \quad [8]$$

dove:

$$\gamma = \frac{\delta i \lambda}{C} \quad [9]$$

Nella [9] δ è la densità balistica dell'aria che nel calcolo terremo pari a 1, i il coefficiente di forma del pendolo, che supporremo uguale all'unità,

λ la costante della funzione resistente quadratica pari a 0,00012,

C il coefficiente balistico del pendolo pari a $\frac{p}{1000 a^2}$ essendo p il

peso = kg. 0,385 ed a il diametro espresso in metri. Nel calcolo, essendo la sezione terminale del pendolo rettangolare, al posto di a^2 porremo il prodotto ab delle due dimensioni della sezione del pendolo e cioè: $a = \text{m. } 0,022$, $b = \text{m. } 0,019$.

Per l'integrazione della [8] seguiremo due procedimenti:

1) Possiamo scrivere la [8] come segue:

$$\frac{v dv}{v dt} = g - \gamma v^2$$

ed ancora

$$\frac{v dv}{dy} = g - \gamma v^2$$

da cui

$$\frac{v dv}{g - \gamma v^2} = dy$$

Integrando

$$H = \int_0^H dy = -\frac{1}{2\gamma} \int_0^v \frac{-2\gamma v dv}{g - \gamma v^2} = -\frac{1}{2\gamma} \Big|_0^v \log_e (g - \gamma v^2)$$

quindi:

$$H = \frac{1}{2\gamma} \log_e \frac{g}{g - \gamma v^2} = \frac{1}{2\gamma} 2,302585 \log_{10} \frac{g}{g - \gamma v^2} \quad [10]$$

2) Separando le variabili nella [8] si ha:

$$dt = \frac{dv}{g - \gamma v^2}$$

da cui:

$$T = \int_0^v \frac{dv}{g - \gamma v^2} = \frac{1}{2\sqrt{\gamma g}} \log_e \frac{\sqrt{\gamma g} + \gamma v}{\sqrt{\gamma g} - \gamma v} \quad [11]$$

La [10] e la [11] ci permettono senz'altro un confronto con i dati forniti dalla tabella e cioè con i dati ricavati con la formula della caduta nel vuoto.

Quest'ultima è indipendente dalla velocità, ma noi sappiamo che nel vuoto:

$$V = \sqrt{2Hg} \quad [12]$$

Quindi imponendo, ad esempio, $V = 3$ m/s avremo:

$$9 = 2Hg$$

quindi $H = \frac{9}{2g}$. Introdotta tale valore nella formula che dà T nel vuoto, avremo:

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{3}{g} \quad [13]$$

la [13] per $g = 9,805$ dà $T_{9,805} = 0'',305966$
 per $g = 9,81072$ $T_{9,81072} = 0'',305788$
 Mentre ponendo nella [11] $V = 3$ $g = 9,805$ si ha:

$$T_{\text{aria}} = 0'',305979$$

Quindi la variazione tra il tempo calcolato con la [11] e il tempo fornito dalla tabella è:

$$\Delta T = 0'',000191$$

e cioè circa 2 decimillesimi di secondo mentre l'influenza della sola resistenza dell'aria sul tempo è $0'',000013$.

I valori delle altezze di caduta nei tre casi considerati sono

$$H_{\text{aria}} = \text{mm. } 459,507$$

$$H_{9,81072} = \text{mm. } 458,682$$

$$H_{9,805} = \text{mm. } 458,950$$

La variazione tra H ricavato dalla [10] e H dato dalla tabella è di circa mm. 0,8 e quindi 8 volte maggiore della minima approssimazione data dal nonio per la misura di H .

E' quindi chiaro che volendo misurare il tempo, sfruttando al massimo l'approssimazione dell'apparecchio, conviene ricalcolare la tabella dei tempi.

Riprendiamo la [8] e integriamo tra 0 ed y corrente e tra 0 e v corrente. Si ha:

$$y = \frac{1}{2\gamma} \log_e \frac{g}{g - \gamma v^2}$$

da cui

$$e^{2\gamma y} = \frac{g}{g - \gamma v^2}$$

ed anche

$$v = \frac{dy}{dt} = \sqrt{\frac{g}{\gamma}} \sqrt{1 - e^{-2\gamma y}} \quad [14]$$

Dalla [14] vediamo che per $y = \infty$ la velocità limite è:

$$V_{lim} = \sqrt{\frac{g}{\gamma}} \quad [14^{bis}]$$

che nel caso del pendolo del cronografo considerato è:

$$V_{lim} = \text{m/s. } 274,33$$

mentre la formula del vuoto dà $V = \infty$.

Integrando la [14] si ha:

$$T = \sqrt{\frac{\gamma}{g}} \int_0^H \frac{dy}{\sqrt{1 - e^{-2\gamma y}}} \quad [15]$$

Ponendo $\sqrt{1 - e^{-2\gamma y}} = x$, si ha:

$$x dx = \gamma e^{-2\gamma y} dy$$

e sostituendo nella [15] si ha:

$$T = \frac{1}{\sqrt{\gamma g}} \int_0^{\sqrt{1 - e^{-2\gamma H}}} \frac{dx}{1 - x^2} = \frac{1}{2\sqrt{\gamma g}} \left[\frac{\sqrt{1 - e^{-2\gamma H}}}{\log_e \frac{1+x}{1-x}} \right]_0 \quad [16]$$

da cui:

$$\left. \begin{aligned} T &= \frac{1}{2\sqrt{\gamma g}} \log_e \frac{1 + \sqrt{1 - e^{-2\gamma H}}}{1 - \sqrt{1 - e^{-2\gamma H}}} \simeq \\ &\simeq \frac{1}{2\sqrt{\gamma g}} \log_e \frac{1 + \sqrt{2\gamma H(1 - \gamma H)}}{1 - \sqrt{2\gamma H(1 - \gamma H)}} \end{aligned} \right\} \quad [17]$$

Con la [17] è possibile calcolare il tempo in funzione di H e quindi senza passare per la velocità di caduta.

E' anche facile vedere come dalla [14] si possa ottenere la formula della velocità nel vuoto facendo tendere γ a zero.

Si ha:

$$v = \sqrt{g} \sqrt{\frac{1}{\gamma} \left(1 - \frac{1}{e^{-2\gamma H}} \right)} \quad \text{da cui} \quad v = \sqrt{g} \sqrt{\frac{e^{-2\gamma H} - 1}{\gamma e^{2\gamma H}}}$$

il limite, per $\gamma \rightarrow 0$ del rapporto sotto il radicale sarà eguale al rapporto delle derivate prime, quindi:

$$\lim_{\gamma=0} V = \sqrt{g} \sqrt{\frac{2He^{2\gamma H}}{e^{2\gamma H} + \gamma 2He^{2\gamma H}}}$$

e sopprimendo i termini comuni:

$$\lim_{\gamma=0} V = \sqrt{g} \sqrt{\frac{2H}{1 + 2\gamma H}}$$

che per $\gamma = 0$ dà

$$V_{\gamma=0} = \sqrt{2Hg}$$

